

# VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

**Nro 49**

**IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN**

**I KAATOPAIKAT**

**Esko Mälkki  
Kirsti Sihvonen  
Tuulikki Suokko**



V E S I - J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N  
M O N I S T E S A R J A

Nro 49

IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN

I KAATOPAIKAT

Esko Mälkki  
Kirsti Sihvonen  
Tuulikki Suokko

Vesi- ja ympäristöhallitus  
Helsinki 1987

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Kuopion vesi- ja ympäristöpiiristä ja vesi- ja ympäristöhallituksen teknillisestä tutkimustoimistosta.

ISBN 951-47-0260-3

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,  
Helsinki 1987

## TIIVISTELMÄ

Mälikki, E., Sihvonen, K. & Suokko, T. 1987. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. I Kaatopaikat. 64 s., 9 liitettä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 49. Helsinki. ISBN 951-47-0260-3. ISSN 0783-3288

Vesihallinnossa aloitettiin v. 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutusta pohjaveteen. Yhtenä tutkimuskohteena oli hiekka- ja soramuodostumissa sijaitsevat kaatopaikat (5 kpl), joissa tutkittiin kaatopaikka-suotovesien pohjavedelle aiheuttamia muutoksia ja suotovedessä olevien aineiden kulkeutumista eri hydrogeologisissa olosuhteissa. Työn päärahoittajana on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Siihen ovat osallistuneet myös Kuopion Yliopisto, Kansanterveyslaitos ja Valtion eläinlääketieteen laitos. Tutkimustuloksia voidaan käyttää hyväksi kaatopaikkojen pohjavedelle aiheuttamien riskien arvioinnissa sekä yksityiskohtaisissa kaatopaikkavaikutusten selvittelyssä.

Asiasanat: kaatopaikat, pohjaveden kontaminaatio, vaikutusalue, riskin arviointi, harjumuodostumat, Suomi.

## ABSTRACT

Mälikki, E., Sihvonen, K. & Suokko, T. 1987. The influence of human activity to groundwater. I Landfills (text in Finnish with English and Swedish summary). 64 p., 9 app. National Board of Waters and Environment. Mimeograph 49. Helsinki. ISBN 951-47-0260-3, ISSN 0783-3288

In The National Board of Waters was started an investigation in 1983 in order to throw light on the influence of human activity to the groundwater. A part of the area investigated were sites of the landfill (5 pc) situated on sand-gravel formations. The changes in groundwater caused by water discharging from landfills and transport of contaminating substance in different hydrogeological circumstances were the subjects studied. The main financier of the work has been Maj and Tor Nessling Foundation. The investigation has been made with co-operation of the University of Kuopio, Public Health Institute and Veterinary National Institute. The results of the investigation can be utilized in estimating some of the risks caused by landfills to the groundwater withdrawal. Investigation gives also outlines to detailed planning for investigations of risks caused by landfills.

**Keywords:** Landfills, contamination of groundwater, area of influence, risk assessment, eskers, Finland.



## ESIPUHE

### Pohjaveteen kohdistuvat uhkatekijät

Pohjaveden koostumus määräytyy osin maanpinnalla esiintyvistä tai tapahtuvista ilmiöistä. Jo luonnonolosuhteiden vaikutuksesta saattaa pohjaveteen suotautua yhdisteitä, esimerkiksi klorideja, nitraatteja ja sulfaatteja, joita voidaan tietyissä konsentraatioissa myös pitää pohjaveden likaantumisen indikaattoreina. Ihmisen toiminta aiheuttaa oman, luonnonolosuhteista poikkeavan kuormituksensa. Kuormitusta voi tapahtua joko ilmakehän kautta tai suoraan maanpinnalla. Molempien osalta vaikutus pohjaveteen syntyy pääsääntöisesti maahan suotautuvien sadevesien välityksellä.

Kaikki kuormittavat tekijät eivät välttämättä muodosta uhkaa pohjaveden laadulle. Pohjaveden yläpuolella olevat maakerrokset pidättävät osan epäpuhtauksista tai muuttavat niitä haitattomampaan muotoon. Itse pohjavesivyyöhykkeessä sama prosessi jatkuu. Sikäli kun kyse ei ole poikkeavan suuresta kuormituksesta tai suorastaan myrkyllisistä aineista, jotka pieninäkin pitoisuuksina olisivat terveydelle vaarallisia, luonnon puhdistusmekanismi pystyy tiettyyn rajaan saakka eliminoimaan haittavaikutuksia. Missä määrin, on yhtä puutteellisesti tunnettu kuin todellinen pohjaveteen kohdistuva kuormituskin.

Jättäen ilmakehän kautta tulevan kuormituksen tarkastelun ulkopuolelle voidaan todeta, että ainakin lievästi pohjaveden laatua muuttavia toimintoja tapahtuu maassamme sadoissa tuhansissa erillisissä pohjavesialtaissa lähinnä maa- ja metsätalouden vaikutuksesta. Tämän lisäksi esiintyy paikallista pistemäistä kuormitusta, joka aiheuttaa pohjaveden laatuun selviä haittoja.

Suuri osa muutoksista kohdistuu pohjaveteen, jonka hyödyntämistä ei voida ajatella. Osa muutoksista sitävästoin aiheuttaa vakavaa haittaa hyödyntämiskelpoisille pohjavesivaroille eri tyyppisissä geologisissa muodostumissa.

Kun kaikkea pohjavettä ei voida hyödyntää ja suojella, on ihmisen toiminnan vaikutusta pohjaveteen tarkasteltava ennen kaikkea hyödyntämiskelpoisten pohjavesivarojen osalta. Tällöin ensisijaiseksi kohderyhmäksi muodostuvat harjujen tai vastaavien hiekkamuodostumien pohjavedet. Muilta osin ei ole erikseen nimettävissä geologisia muodostumaryhmiä, vaan näistä riippumatta suojelu on kohdistettava kaikkiin sellaisiin, lähinnä pistemäisiin kohteisiin, joissa ihmisen elinympäristön puhtaus on turvattava puhtaan veden saamiseksi. Pyrkimys voimakkaasti pohjavettä kuormittavien päästöjen vähentämiseen kaikkialla on luonnollisesti tärkeää.

## Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen kohteena ovat olleet hiekka-soramaa-alueilla (vettäjohtavia muodostumia eli akvifereja käsittävillä alueilla) sijaitsevat voimakkaasti likaavat tai sellaisiksi arvioidut seuraavat toiminnot: kaatopaikat, turkistarhat, puunkyllästämöt, hautausmaat ja taimitarhat. Myös tarkastellaan asutuksen ja maanviljelyksen aiheuttamaa hajakuormitusta kaivovesiin geologisista olosuhteista riippumatta. Tavoitteena on ollut luoda taustatietoa näistä varsin vähän tunnetuista likaantumismuodoista.

## Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimussuunnitelma laadittiin vuonna 1982. Varsinainen tutkimus on suoritettu vuosina 1983 - 1987. Sen esityönä suoritettiin merkittävimpien likaavien kohteiden luettelointi ns. tärkeillä pohjavesialueilla vuonna 1983 (Loikkanen, 1984). Tämän jälkeen tutkimusta jatkettiin em. kohderyhmittäin vuosina 1984 - 87. Jokaisesta kohderyhmästä laaditaan erillinen tutkimusraportti seuraavasti:

Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen:

- |     |   |
|-----|---|
| I   | Kaatopaikat   |
| II  | Taimitarhat   |
| III | Hautausmaat   |
| IV  | Turkistarhat  |
| V   | Puunkyllästämöt                                       |
| VI  | Hajakuormituksen aiheuttama kaivovesien likaantuminen |

Työn päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Siihen ovat osallistuneet Kuopion ja Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirit, vesi- ja ympäristöhallitus, Kuopion yliopisto, Kansanterveyslaitos ja Valtion eläinlääketieteen laitos, joiden laitosten laboratoriot ovat antaneet merkittävän työpanoksen.

Edellä mainittujen laitosten edustajina ovat tutkimukseen erityisesti myötävaikuttaneet eri muodossa MMK Irmeli Taipalinen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri, prof. Pentti Kalliokoski sekä MMT Helvi Heinonen-Tanski, Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitos; TkL Aino Nevalainen, FT Pertti Martikainen, FL Terttu Vartiainen ja FK Leena Korhonen, Kansanterveyslaitoksen ympäristöhygienian ja toksikologian osasto (Kuopio) sekä ELL Mirjami Hedlund, Valtion eläinlääketieteen laitoksen Kuopion aluelaboratorio.

FK Tuulikki Suokko, vesi- ja ympäristöhallitus sekä toimistoapulainen Ulla Toiviainen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri ovat suorittaneet aineiston käsittely- ja raporttien valmistelutyötä, edellinen myös hydrogeologisia selvityksiä.



Käsillä olevaan kaatopaikkaselvitykseen erityisesti liittyen tutkijaryhmässä työskentelivät Maj ja Tor Nesslingin Säätiön palkkaamina määräaikaaisina tutkijoina FK Seppo Loikkanen (esiselvitykset, lähinnä 1983) ja FK Kirsi Sihvonen (näytteenotto ja analysointi, 1984 - 85). Rkm. Jorma Eronen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri on vastannut pääosasta maastotutkimuksia.

Yhteistyö kaikkien osapuolten kanssa ansaitsee kiitokset. Erityisesti kohdistan kiitokset Maj ja Tor Nesslingin Säätiölle tutkimuksen saamasta merkittävästä taloudellisesta tuesta.

Kuopiossa 1.11.1987

Esko Mälkki



S I S Ä L L Y S	sivu
1 JOHDANTO	13
2 TUTKIMUKSEN TAUSTATietoA	14
3 KAATOPAikkojen suotoVesien LAATU	
3.1 Yleistä	15
3.2 Likaantumisen indikaattorit	15
3.21 Fysikaalis-kemialliset määritykset	
3.22 Raskasmetallit ja syanidit	
3.23 Bakteerit	
4 VAJOVESIVIRTAUS MAANPINNAlTA POHJAVETEEN	20
5 POHJAVESINÄYTTEIDEN EDUSTAVUUS JA KAATOPAikka-VAIKUTUSTEN INDIKAATTORIEN TULKINTA	20
6 KAATOPAikka-ALUEET JA NIILTÄ SAADUT TULOKSET	
6.1 Joroinen	23
6.11 Kuormitus	
6.12 Hydrogeologiset olosuhteet	
6.13 Vesinäytteiden tutkimustulokset	
6.2 Joutsa	28
6.21 Kuormitus	
6.22 Hydrogeologiset olosuhteet	
6.23 Vesinäytteiden tutkimustulokset	
6.3 Jäppilä	33
6.31 Kuormitus	
6.32 Hydrogeologiset olosuhteet	
6.33 Vesinäytteiden tutkimustulokset	
6.4 Kannonkoski	37
6.41 Kuormitus	
6.42 Hydrogeologiset olosuhteet	
6.43 Vesinäytteiden tutkimustulokset	
6.5 Kontiolahti	41
6.51 Kuormitus	
6.52 Hydrogeologiset olosuhteet	
6.53 Vesinäytteiden tutkimustulokset	
7 VERTAILUALUEILTA SAATUJA TIETOJA	
7.1 Tuusulan Terrisuon kaatopaikka-alueen tutkimukset	45
7.2 Valkeakosken Lumikorven kaatopaikka-alueen tutkimukset	47
8 TUTKIMUSTULOStEN TARKASTELUA	
8.1 Kaatopaikkojen suotoVesien tunnusmerkit ja kaukokulkeutumishavainnot pohjavesissä	49
8.11 Yleistä	
8.12 Havainnot	
- Sähkönjohtavuus	
- Alkaliteetti	
- Asiditeetti	
- Kemiallinen hapenkulutus	

	- Biokemiallinen hapenkulutus	
	- Kokonaistyyppi	
	- Ammonium	
	- Nitraatti	
	- Fosfaatti ja kokonaisfosfori	
	- Fluoridi	
	- Kloridi	
	- Sulfaatti	
	- Vapaa hiilidioksidi	
	- Kalsium	
	- Magnesium	
	- Mangaani	
	- Kokonaisorgaaninen hiili	
	- Raskasmetallit ja syanidi	
	- Bakteerit	
8.13	Eri tyyppisten kaatopaikkojen tarkastelua	59
	8.131 Asumajätevesilietteen kaato-paikka	
	8.132 Yhdyskuntajätteen kaatopaikat	
	8.133 Teollisuusjätteet	
9	PÄÄTELMÄ, SUOSITUKSIA	60
	YHTEENVETO	62
	SAMMANDRAG	63
	SUMMARY	64
	KIRJALLISUUTTA	65
	LIITTEET	
	1. Joroisten Kotkatharjun kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85	
	2. Joutsan Kärkykankaan kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85	
	3. Jäppilän Hiidenlammen jätevesien imeytymis-lammikkoalueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85	
	4. Kannonkosken Tervakankaan kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85	
	5. Kontiolahden Uuron kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85	
	6. Tuusulan Terrisuon kaatopaikka-alueen vedenlaatuhavaintoja 1979 - 1985	

7. Pohjavesien virtausmatkat, aineksen pidähtyminen ja laimenemisilmiöiden voimakkuus
8. Käytetyt analyysimenetelmät
9. Maa- ja kalliopohjavesien laatu



## JOHDANTO

Teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden kaatopaikkoja oli maassamme v. 1984 suoritetun kartoituksen mukaan 841 kpl (Suomela 1984). Näistä 750 oli yhdyskuntien ja 91 teollisuuslaitosten kaatopaikkoja. Yhdyskuntien vedenhankinnalle tärkeillä pohjavesialueilla on laskettu olevan 63 vielä toimivaa tai käytöstä poistettua kaatopaikkaa (Loikkanen 1984). Valtakunnalliseen kaatopaikkarekisteriin kuuluu yli 1 000 kaatopaikkaa.

Kaatopaikkojen haittavaikutuksista pohjaveteen on esitetty muutamien kohdeselvitysten lisäksi erilaisia yleisempiä arvioita. Näissä ei kuitenkaan erityisemmin ole otettu huomioon kaatopaikkojen pohjavesiympäristön olosuhteita, jotka maassamme ovat varsin poikkeavat muihin maihin verrattuna.

Peruslähtökohtana voidaan pitää, että kaikkien eristämättömien kaatopaikkojen alla oleva pohjavesi on likaantunutta ja muuttunutta. Vaikutukset ympäristöön sitävastoin ovat huomattavasti tulkinnanvaraisempia. Selvityksiä vaikeuttavat pohjaveden esiintymis- ja virtausolosuhteiden vaihtelut (ks. liite 7) sekä perustiedon puute.

Kallioperän pohjaveden virtausolosuhteista ja hydraulisista yhteyksistä on vain satunnaista tietoa. Kuitenkin on todennäköistä, että aineen kaukokulkeutumista (jopa kilometrien päähän) tapahtuu kalliopohjaveden välityksellä rakosysteemejä pitkin.

Moreenimaissa pohjaveden virtausmatkat jäävät käytännössä miltei aina lyhyiksi, yleensä korkeintaan kilometrin luokkaan. Koska nämä vedet ovat kuitenkin usein yhteydessä kallioperän vesiin, kaatopaikkojen vaikutusalueetulkinnat jäävät epävarmoiksi.

Pohjaveden esiintyminen ja virtausolosuhteet tunnetaan parhaiten pitkittäisharjuissa. Tämän tutkimuksen kohteeksi valittiin yksinomaan harjukaatopaikkoja (5 kpl), koska näiden alueiden pohjaveden suojelulla on suuri merkitys ja niillä sijaitsee useita kaatopaikkoja. Kaatopaikoista 4 oli yhdyskuntajätteiden kaatopaikkoja edustaen erilaisia hydrogeologisia olosuhteita sekä yksi asumajätevesilietteen kaatopaikka.

Neljään kohteeseen asennettiin tarkkailu- ja näytteenotto-putkia niillä jo aikaisemmin olevien lisäksi. Yhdellä kaatopaikalla käytettiin pelkästään jo olemassa olevia havaintopaikkoja (kaivo, lähteet). Kohteista otettiin vesinäytteitä vuosina 1984 - 86 ja osittain myös vuonna 1987. Käytetyistä analyysimenetelmistä on yhteenvedo liitteessä 8. Kaatopaikka-alueiden pohjavesiolosuhteet, kuten pohjavesikerrostopaksuus ja kaatopaikan sijoittuminen pohjaveden virtauskenttään nähden selvitettiin

hydrogeologisella tulkinnalla. Pohjaveden virtausolosuhteiden arvioinnissa on käytetty apuna vedenkorkeushavaintoja ja näistä ilmeneviä hydraulisia gradientteja.

## 2

**TUTKIMUKSEN TAUSTATIETOA**

Eri maissa kaatopaikoista ja osin myös niiden pohjavesivaikutuksista on kerätty runsaasti tietoa. Geologisilta olosuhteiltaan paljolti toisiaan vastaavissa Ruotsissa ja Suomessa on myös kerätty kaatopaikkatietoa, mutta lähinnä vain määrän ja laadun suhteen luetteloiden. Suomessa aikaisemmin suoritetuista tutkimuksista on esitetty yhteenveto riskikaatopaikkatutkimuksen tutkimussuunnitelmassa (Melanen ja Assmuth 1986). Aikaisempien tutkimusten yhteydessä tehdyt pohjaveden laatua koskevat havainnot ovat olleet ja toistaiseksi yhä ovat varsin suppeat.

Kuopion yliopisto aloitti nyt käsillä olevan tutkimuksen rinnalla ja yhteistyössä yhteensä 12 kaatopaikkaa käsitteävän tutkimuksen. Sen alkuvaiheessa todettiin tärkeäksi selvittää maassamme jo jonkin verran tutkittujen kaatopaikkasuotovesien peruslaatua. Tätä selvitystä suoritettiin yhteensä kahdeksan kaatopaikan pintavaluntapisteissä (Pärjälä ym. 1986). Tämä aineisto on arvokas tausta pohjaveden likaantumisen indikaattoreita määritettäessä. Lisäksi yliopiston käyttöön luovutettiin kaatopaikkojen nyt esitettävän tutkimuksen siihenastinen aineisto ja havaintopaikat.

Kuopion yliopiston tutkimus selvitti nyt esitettävää tutkimusta laajemmin pohjaveden laatuparametreja, kuten kloorifenoleja ja mutageenisuutta. Jatkotutkimuksissa selvitettiin vielä kaatopaikoilta liukenevia orgaanisia yhdisteitä ja niiden esiintymistä pohjavesissä (Pärjälä ja Kalliokoski 1987).

Huolimatta käsillä olevan Maj ja Tor Nesslingin Säätiön rahoittaman tutkimuksen jo osittain em. töissä julkaisuista tuloksista (joita myöhemmin on jonkin verran täydennetty) saatu aineisto käsitellään tässä raportissa kokonaisuudessaan. Päähuomio kiinnitetään kaatopaikalta suotautuvien tavanmukaisesti tutkittavien aineiden leviämiseen tutkittujen kaatopaikkojen geologisissa olosuhteissa. Useimmat näistä aineista esiintyvät pohjaveden luonnollisina komponentteina ja siksi tulkinta niiden kaukokulkeutumisesta on pääosaltaan perustettava pohjaveden luonnolliseen ja runsaasti vaihtelevaan laatuun.

Tutkimuksen kohteena olevien kaatopaikkojen lisäksi tarkastellaan kahdelta vertailukaatopaikalta saatua havaintoaineistoa ainekulkeumista.



### 3 KAAATOPAikkojen suotovesien laatu

#### 3.1 YLEISTÄ

Kaatopaikkojen suotovesillä tarkoitetaan tässä itse kaatopaikkojen jätepenkereestä purkautuvaa vettä. Kaatopaikkapohjavedellä tarkoitetaan jo jonkin asteisen maakerrossuodatuksen läpikäynyttä ja pohjavesivyöhykkeessä laimentunutta vettä. Käytännössä raja ei ole täsmällinen, koska osa suotovesistä on jo virrannut jonkin verran maakerroksissa esimerkiksi penkereiden läpi.

Suotovesi muodostuu pääsääntöisesti sadeveden vajotessa kaatopaikan läpi. Kaatopaikan ulkopuolelta tuleva pinta-valunta voi myös muodostaa suotovettä.

Edellä mainittujen hydrologisten tekijöiden ohella suotovesien laatuun vaikuttaa monia tekijöitä, kuten kaatopaikan vedenjohtavuus, maaperäolosuhteet, pinnanmuodostus, ikä, käyttö, jätteiden sijoittaminen sekä ennenkaikkea jätteiden laatu. Erityisesti viimeainitusta on vaikeaa saada tarkkaa tietoa.

Kaatopaikkojen suotovesien fysikaalis-kemiallisesta laadusta on esitetty yhteenveto taulukossa 1. Siihen on koottu Kuopion yliopiston ja Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin analyysituloksia lähellä kaatopaikkaa olevista pintavaluntapisteistä.

#### 3.2 LIKAANTUMISEN INDIKAATTORIT

##### 3.21 F y s i k a a l i s - k e m i a l l i s e t m ä ä r i - t y k s t

Taulukon ja vertailutietojen perusteella melko yksiselitteisiä kaatopaikkojen indikaattoreja suotovesissä ovat:

- |                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| (1) kemiallinen hapenkulutus    | (COD <sub>Cr</sub> ) |
| (2) biokemiallinen hapenkulutus | (BOD <sub>7</sub> )  |
| (3) kokonaisorgaaninen hiili    | (TOC)                |
| (4) ammonium                    | (NH <sub>4</sub> )   |
| (5) kokonaistyyppi              | (ko <sub>K</sub> -N) |
| (6) kloridi                     | (Cl)                 |
| (7) sähkönjohtokyky             |                      |

Nämä kaatopaikkojen suotovesien indikaattorit ovat lähes kaikkien edellä mainittujen parametrien osalta tunnettuja myös aikaisemmista tutkimuksista (Seppänen ym. 1982, Ettala 1984a ja b, 1987, Miettinen 1985).

Pärjälän ym. (1986) tutkimuksen aineistossa suotovesissä ilmenee korkeita arvoja lisäksi seuraavissa:

- (8) hehkutusjäännös
- (9) haihdutusjäännös
- (10) väriluku

- (11) alkaliteetti
- (12) asiditeetti
- (13) vapaa hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>)
- (14) kokonaiskovuus
- (15) fluoridi (F)
- (16) kalsium (Ca)
- (17) magnesium (Mg)
- (18) fosfaatti ja kokonaisfosfori (PO<sub>4</sub>, kok-P)

Sulfaattia (SO<sub>4</sub>) esiintyy paikallisesti korkeina konsentraatioina.

Suotovesissä esiintyy usein korkeita rauta- ja mangaanipitoisuuksia, mutta niitä ei sinänsä voida pitää likaantumisen indikaattoreina, vaan merkkinä pelkistyneistä olosuhteista, joiden vaikutuksesta aineet liukenevat pohjaveeseen. Rauta ja mangaani ovat kaatopaikkavaikutusten välillisiä indikaattoreita silloin, kun poikkeama luonnollisesta taustasta on huomattava, esim. rauta > 20 mg Fe/l ja mangaani > 1 mg Mn/l. Luonnollisessa pohjavedessä saattaa rautaa esiintyä usein yli 50 mg/l varsinkin maamme rannikkoalueilla. Rautaa parempana välillisenä indikaattorina voidaankin pitää mangaania, jonka yli 1 mg/l olevat konsentraatiot ovat luonnonolosuhteissa (harjupohjavesissä) vähemmän tunnettuja joskaan ei harvinaisia.

Hapen ja pH:n arvo likaantumisen indikaattorina on vähäinen, koska molempien vaihtelut ovat luonnonpohjavesissä varsin suuret. Kaatopaikka-alueiden pohjavesissä esiintyy sekä happiköyhiä että -rikkaita osia.

Liitteessä 9 on esitetty maa- ja kalliopohjavesien eräitä laadun tausta-arvoja (Mälkki 1972).

### 3.22 R a s k a s m e t a l l i t j a s y a n i d i t

Taulukossa 2 on esitetty Pärjälän ym. (1986) tutkimuksen mukaan taulukkoa 1 vastaavista ns. lähinäytteenottopisteissä havaitut vesien raskasmetalli- ja syanidipitoisuudet. Pitoisuudet ovat pienehköjä. Koska taustatieto kyseisten aineiden osalta on vähäistä, näiden likaantumisindeksointiarvoa on tarkasteltava vertaamalla määrittämiä nyt tutkittujen kaatopaikkojen pohjavesinäytteiden vastaviin tuloksiin.

### 3.23 B a k t e e r i t

Taulukossa 3 on esitetty Pärjälän ym. (1986) laatima yhteenveto suotovesistä havaituista bakteereista. Luonnontilaisissa pohjavesissä koliformisia ja fekaalisia koliformisia bakteereja sekä fekaalisia streptokokkeja yleensä vedenhankintatutkimusten mukaan ei esiinny. Kokonaisbakteerimääriä ei ole mainittavasti tutkittu. Pohjavedessä esiintyviä em. kolmen ryhmän bakteereja voidaan eräin varauksin pitää likaantumisen indikaattoreina. Varauksellisuutta aiheuttaa mm. bakteereiden tyypitys vaikeus sekä niiden sattumanvarainen esiintyminen likaantuneissa vesissä.

TAULUKKO 1 Eräiden kaatopaikkojen suotovesien fysikaalis-kemiallinen  
keskimääräinen laatu. (Pärjälä ym., 1986).

Kohde	COD <sub>Cr</sub> (mg/l)	BOD <sub>7</sub> (mg/l)	TOC (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	kok-N (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	γ 25 (mS/m)	pH	BOD <sub>7</sub> /COD <sub>Cr</sub>	SO <sub>4</sub> /Cl
Kouvola, oja (250 m)	200	120	140	26	20	96	2.7	7.6	1.0	81	6.8	0.465	-
L-ranta, oja (400 m)	2 800	1 700	1 307	82	70	320	22	2.9	4.1	270	7.1	0.600	
Turku, piste 1	-	39	120	94	92	195	2.0	225	-	-	-	-	0.01
piste 2	-	3	55	1	2	101	202	52	-	-	-	-	2.00
piste 3	-	9	50	12	12	85	50	64	-	-	-	-	0.59
Kuopio, oja (50 m)	310	18	162	290	240	240	21	5.9	1.0	420	7.5	0.049	4.51
Lempäälä, 2 (100 m)	87	9	43	37	39	92	560	24.4	4.0	160	5.0	0.087	6.56
P-mäki, oja (200 m)	280	26	141	98	80	150	2.2	41	3.2	220	6.8	0.100	0.02
Tampere, oja 1 (50 m)	180	25	17	61	51	240	16	1.4	0.3	200	7.4	0.153	0.23
oja 4	76	6	31	19	16	83	21	0.6	0.4	83	7.3	0.084	0.49

TAULUKKO 2 Kaatopaikkojen suotovesien keskimääräiset raskasmetalli- ja syanidipitoisuudet (Pärjälä ym. 1986) tutkimuksesta.

Kohde	As (ug/l)	Cd (ug/l)	Cr (ug/l)	Cu (ug/l)	Ni (ug/l)	Pb (ug/l)	Zn (ug/l)	CN <sup>-</sup> (ug/l)
Kouvola, oja (250 m)	5	0.3	2	6	36	6	480	40
L-ranta, oja (400 m)	17	0.5	7	5	73	10	90	72
Turku, piste 1	<10	1.7	46	30	57	113	400	58
piste 2	40	0.9	39	17	11	22	220	44
piste 3	<10	0.6	22	12	16	13	240	75
Kuopio, oja (50 m)	10	<0.1	15	5	96	16	200	148
Lempäälä, 2 (100 m)	26	1.3	6	6	140	36	250	7
P-mäki, oja (200 m)	-	-	-	-	-	-	-	75
Tampere, oja 1 (50 m)	8	0.4	18	1	49	12	50	10
oja 4	4	0.2	4	2	27	5	80	44

TAULUKKO 3 Kaatopaikkojen suotovesien bakteerimäärien geometriset keskiarvot ja maksimit tutkituilla kaatopaikoilla 1984 - 1985. Pärjälän ym. (1986) tutkimuksesta.

	koliformit kpl/100ml	fek.kolif. kpl/100ml	fek.strep. kpl/100ml	kok.bakt. 35°C kpl/100ml	kok.bakt. 20°C kpl/100ml
<b>Kouvola:</b>					
Oja	790	15	41	1100	400
maksimi	5400	760	210	19000	3600
<b>Kuopio:</b>					
Oja 1	750	5.8	82	15000	9700
Oja 2	1300	420	7700	6800	14000
maksimi	9400	40800	7700	40000	31000
<b>Lappeenranta:</b>					
Oja	9900	650	5300	39000	50000
maksimi	56000	68000	160000	2x10 <sup>6</sup>	1.9x10 <sup>6</sup>
<b>Lempäälä:</b>					
Ojasto 1	32(*)	0(*)	0(*)	120(*)	290(*)
Ojasto 2	370	15	140	240	920
Ojasto 4	1300	3.7	32	460(*)	280(*)
maksimi	410	30	58	700	540
<b>Leppävirta:</b>					
Oja	190	1.1	4.1	740	4000
maksimi	1100	20	58	11000	30000
<b>Pieksämäki:</b>					
Kokoomaoja	2500	340	280	5500	-
Kolmiopato	160	80	300	2200	7800
Kukonlampi	170	18	58	560	2100
maksimi	10200	1000	2500	11000	40000
<b>Tampere:</b>					
Ojasto 1	550	23	15	2100	7900
Ojasto 2	1500	23	82	700	2100
Ojasto 3	1300	87	180	1000	8000
Ojasto 4	660	8	6 <sup>6</sup>	250	1400
maksimi	11200	4500	10 <sup>6</sup>	22000	180000

(\*) = vain yksi määrittäminen

#### VAJOVESIVIRTAUS MAANPINNALLA POHJAVETEEN

Veden suotautuessa jätteen läpi osa sen saamasta aineksesta on kiinteässä muodossa. Vajovesivirtauksen alkaessa kaatopaikan alla olevassa maaperässä maakerrosten laatu vaikuttaa merkittävästi erityisesti aineksen pidättymiseen.

Tarkasteltavana olevien kaatopaikkojen maaperä (harjumaaiset hiekka-soramuodostumat) on maanpinnan ja pohjavedenpinnan välillä kokonaisuutena vettä hyvin johtavaa. Kuitenkin maanpinnan ollessa kerroksellista vedenjohtavuus vaihtelee jyrkästi. Useimmissa harjukaatopaikoissa vajovesivyöhyke toimii hyvänä mekaanisena suodattimena, sitä tehokkaammin mitä paksumpi vyöhyke on ja mitä enemmän se sisältää hienoja lajitteita.

Vajovesikerros on osittain ilman täyttämä. Kaatopaikan levitessä sen ylle happea kuluttavana eristeenä ilman hapen saanti estyy käytännössä lähes kokonaan. Olosuhteet muodostuvat voimakkaasti pelkistäviksi, anaerobisiksi. Maakerrosten laadusta ja paksuudesta riippuen vajovesikerroksen olosuhteet myötäilevät itse jätekerrosten olosuhteita, joskin astetta lievempinä. Varsinkin paksuissa kerroksissa hapensaanti on jossain määrin jo mahdollista. Kaatopaikkavesien laatuun vaikuttavia hajoamisprosesseja on käsitelty mm. Kuopion yliopiston tutkimuksessa (Pärjälä ym. 1986).

Tässä tutkimuksessa ei ole voitu selvittää kaatopaikan suotovesien koostumusta ja muutoksia vajovesivyöhykkeessä eikä sellaisia selvityksiä harjuolosuhteissa ole tiedossa. Mekaaninen suodattuminen, pelkistävien olosuhteiden asteittainen muutos, bakteeritoiminta sekä kaikki edelliset yhdessä parantavat merkittävästi suotovesien koostumusta vajovesivirtauksen aikana. Muutoksen suuruus jää avoimeksi, koska kaatopaikkojen pohjavesinäytteet edustavat aina laimentuneita suotovesiä.

#### POHJAVESINÄYTTEIDEN EDUSTAVUUS JA KAAATOPAIKKAVAIKUTUSTEN INDIKAATTORIEN TULKINTA

Vesinäytteen edustavuutta voidaan pitää hyvänä, jos näyte on saatu runsastuottoisen (>100 l/min) näytteenottopumpauksen avulla ja luonnollista maa-ainesta ei tule veden mukana sekä näytteenottopisteen sijainti kaatopaikan suhteen on edustava. Ellei näistä seikoista voida varmistua, ei esim. kiintoainespitoisuuden määrittämisellä ole paljoakaan merkitystä. Vedessä oleva pienikin maa-ainesmäärä vaikuttaa kokemukseräisen tiedon nojalla myös analyyseissä ilmenevien metallien (lähinnä Fe, Mn) määriin. Maa-aineksen mukana saattaa tulla pieniä määriä siihen adsorpoitunutta ainesta. Havaintojen mukaan hienoa maa-ainesta sisältävien vesinäytteiden fosforipitoisuudet olivat merkittävästi korkeammat kuin "maahiukkasettomissa"

näytteissä, jotka tosin edustavat samalla runsaammin vaihtuvia ja laimentuneita vesiä.

Runsastuottoinen pumppaus antaa myös laaja-alaisemman näytteen kuin esimerkiksi putkinoutimella otettu näyte. Olosuhteissa, joissa joudutaan turvautumaan viimeksi mainittuun menettelyyn, näytevesi on myös enemmän tai vähemmän seisovaa, se voi ilmastua ja sen laatuun voi myös vaikuttaa erityisesti metallien osalta näytteenot-toputken materiaali.

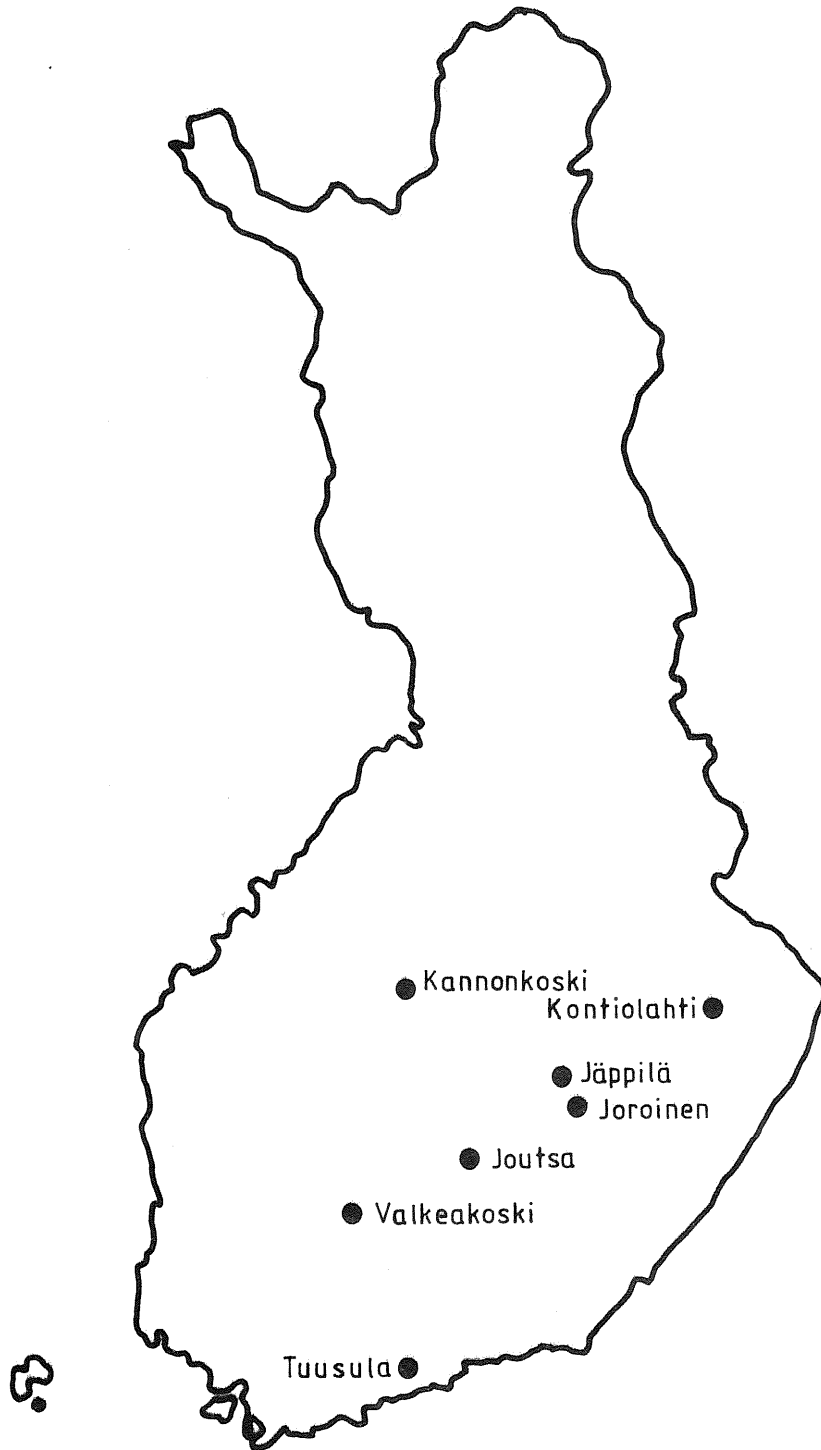
Tämän tutkimuksen muita kuin kaatopaikkoja käsittävässä havainnoissa teräsputkien ei ole arvioitu kuitenkaan ainakaan merkittävästi nostaneen vesinäytteiden raskas-metallipitoisuuksia. Arvioita vaikeuttaa se, että pohja-veden luonnollisia tausta-arvoja ei riittävästi tunneta.

Luonnollisen pohjaveden laatu vaihtelee voimakkaasti erityisesti hapen suhteen vaikuttaen raudan ja mangaanin liukoisuuteen sekä eri tyyppiyhdisteiden esiintymiseen. Yksiselitteisiä pohjaveden laatukriteerejä ei yksinkertaisesti ole, vaan näitä joudutaan aina tarkastelemaan olosuhteita ja taustatietoja tulkiten. Kaatopaikkavaikutusten ulkopuolelta otettujen vertailunäytteidenkin arvo voi useiden laatuparametrien osalta olla kyseenalainen.

Kaatopaikkavaikutusten tulkintaa vaikeuttaa myös se, että usealle tutkittavalle kaatopaikkaveden laatuparamet-rille ei löydy vertailuarvoa. Esim. myrkyllisten raskas-metallien, fosforin ja orgaanisen hiilen määrän tausta-arvot ovat vähän tunnetut. Nykyinen tutkimus ei myöskään anna maa-alkalimetallien osalta mainittavaa taustatietoa. Myös sulfaatteja ja fluorideja analysoidaan nykyään vain harvoin.

Käsillä olevan tutkimuksen kaatopaikoilta otetuista vesi-näytteistä on laskettu fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot. Näihin on sisällytetty analyysitarkkuuden alarajalla olevat arvot. Keskiarvojen käyttöä puoltaa eri näytteissä jonkinverran erilainen käsittely (suodatus, sentrifugointi) sekä toisaalta kokonaisuutena pienehköt vuodenaikaisvaihtelut. Koska yksittäisiä poikkeuksia esiintyy on myös maksimi-arvot liitetty tarkasteluun mukaan mahdollisen indikaattoriarvon vuoksi. Raskasmetallien ja syanidin osalta esitetään vain maksimi-arvoja, koska keski-arvoja ei voida runsaslukuisten määritysrajan alittavien arvojen vuoksi laskea. Kokonaisorgaanisen hiilen osalta on vain kertamääritykset. Bakteereista esitetään kaikki määritystulokset. Kaatopaikkakohtaisessa tarkastelussa kiinnitetään huomiota yleislaadun ohella yksittäisten määritysten antamiin indikaatioihin.

Tutkimuskohteiden sijainti on esitetty yleiskartassa, kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuskohteet



## 6 KAAATOPAIKKA-ALUEET JA NIILTÄ SAADUT TULOKSET

### 6.1 JOROINEN

#### 6.11 K u o r m i t u s

Kaatopaikkaa on käytetty lähinnä talousjätteen sijoittamiseen. Pienteollisuuden jätteen ja metalliromun määräksi on arvioitu n. 10 %. Öljyjätettä on myös jonkin verran. Jätteiden kokonaismäärästä ei ole tietoa. Kaatopaikka on ollut toiminnassa vuosina 1954 - 79.

#### 6.12 H y d r o g e o l o g i s e t o l o s u h t e e t

Kaatopaikka sijaitsee laajan pitkittäisharjumuodostuman keskeisessä osassa (kuva 2). Muodostumassa on pohjavedenpinnan yläpuolella paikoin yli 20 metrin paksuisia maakerroksia. Osa jätteistä on kuitenkin kaadettu tai niistä on valunut suotovesiä syviin suppakuoppiin, jolloin maakerrosten paksuus on edellä mainittua pienempi. Pohjavesikerroksen paksuutta ei tunneta, mutta arvion perusteella se on keskimäärin ainakin 10 metriä. Kaatopaikka sijaitsee todennäköisesti pohjaveden jakaja-alueella, josta virtaus voi suuntautua sekä luoteeseen että kaakkoon. Edellinen suunta on vedenkorkeushavaintojen mukaan todennäköisempi, mutta kulkeutumista kaakkoon ei voida sulkea pois vedenkorkeushavaintojen niukkuuden vuoksi. Putken P 401 pohjavedenpinta on kuitenkin muihin nähden korkealla. Pohjaveden virtausolosuhteet kaipaisivatkin tarkempaa selvittelyä. Virtausvyöhyke voidaan tulkita hyvin vettäjohtavaksi ja vesivarasto keskimääräistä suuremmaksi. Laimeneminen on näin ollen voimakasta. Muodostuman vedenjohtavuus on hyvä.

#### 6.13 V e s i n ä y t t e i d e n t u t k i m u s - t u l o k s e t

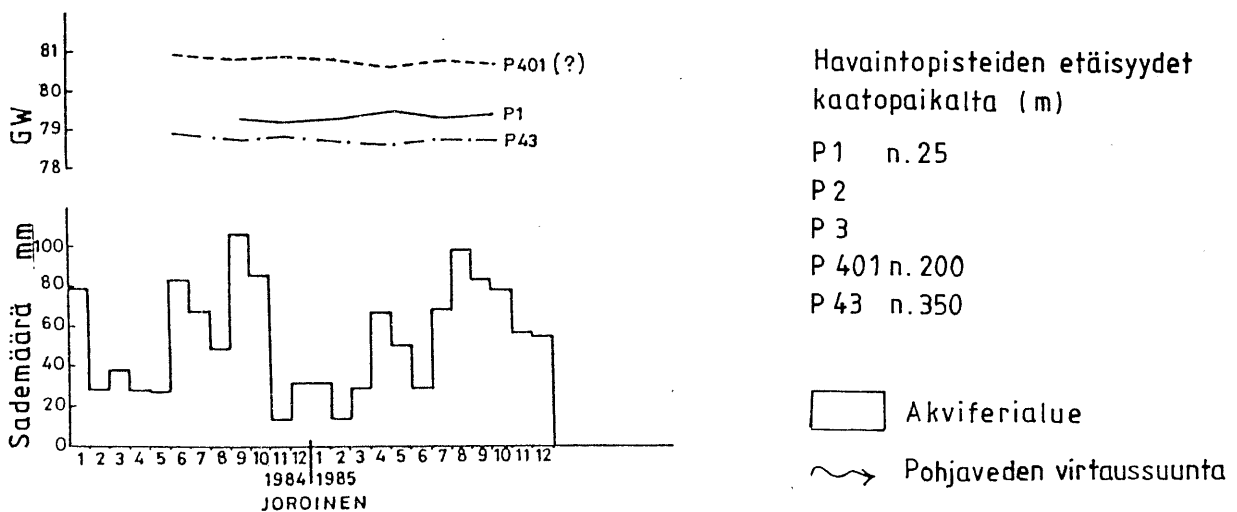
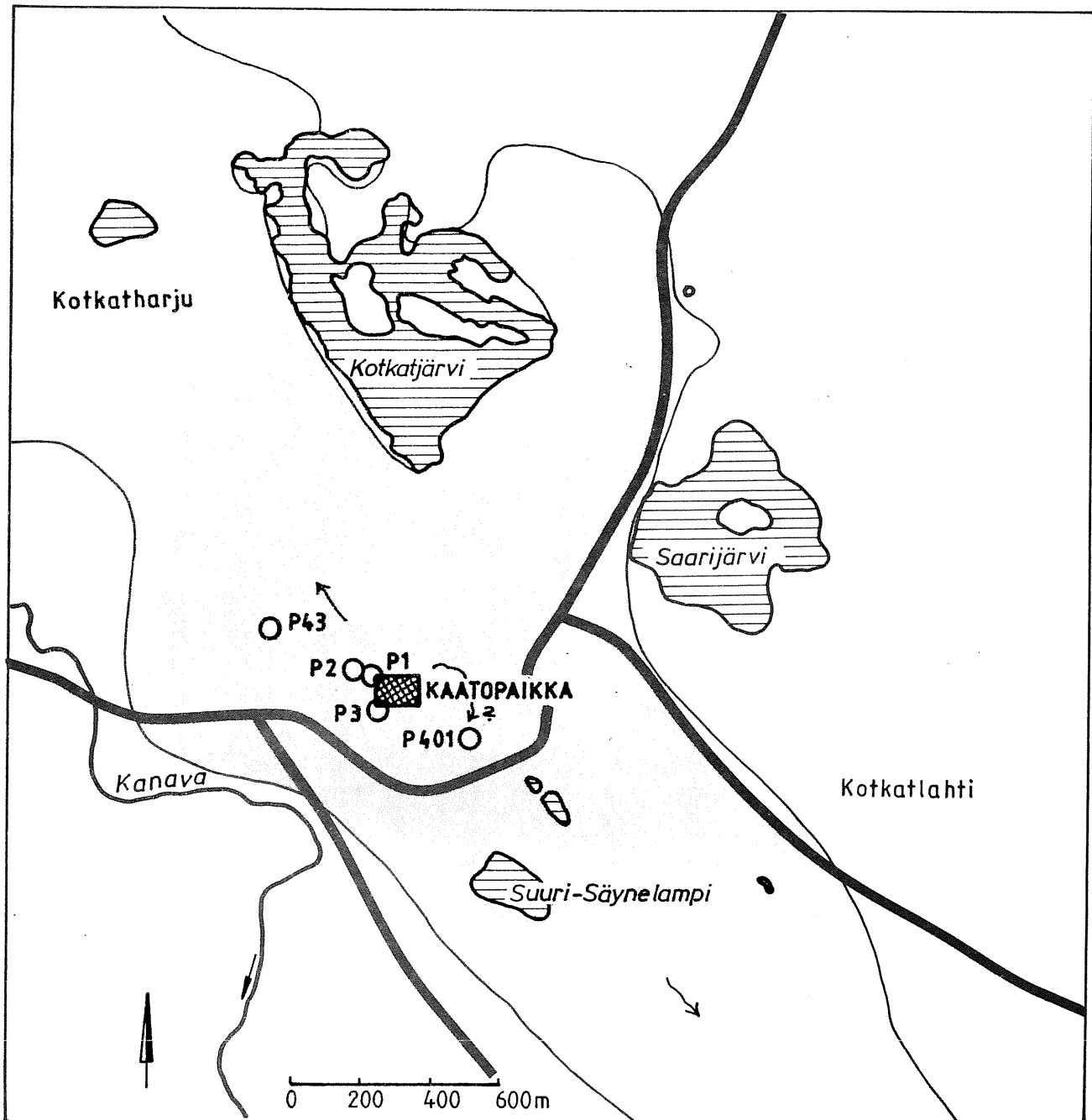
Näytteitä otettiin viidestä alueelle sijoitetusta teräsmetalliputkesta aikana 18.9.1984 - 7.10.1985. Liitteessä 1 on esitetty fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot. Taulukossa 4 on esitetty fysikaalis-kemiallisten määritysten, raskasmetallien ja syanidin maksimi-arvot sekä kokonaisorgaanisen hiilen määritystulokset ja taulukossa 5 bakteeritutkimusten tulokset.

Tulosten perusteella kaatopaikan vaikutus on ilmeinen kaikissa havaintopisteissä, myös pisteessä P 401, jonka vedenpinta on muita havaintopaikkoja ylempänä. Vaikutusta ilmentävät ensisijaisesti eri pisteissä vaihdellen sähköjohtokyky, kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi, kalsium ja sulfaatit.

Yksittäisiä korkeita konsentraatioarvoja esiintyy mm. ammoniumin (P 43), fluoridin (P 401) ja mangaanin (P 1, P 401) osalta.

Raskasmetalleista tulee selvimmin näkyviin ilmeinen arseenikontaminaatio pisteissä P 1 ja P 43.

Bakteriologisissa havainnoissa kuvastuu tietyn näytteenottokerran (7.10.85) korkeat kolimuotoisten bakteerien ja fekaalisten streptokokkien määrät. Suurehkot kokonaisbakteerimäärät eivät aina esiinny samanaikaisesti edellisten kanssa vaan jakautuvat useammille näytteenottokerroille.



Kuva 2. Joroisten kaatopaikka-alue, havaintopaikat ja pohjaveden pinnan korkeudet.

## TAULUKKO 4

Joroisten Kotkatharjun kaatopaikka-alueen  
vesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten,  
raskasmetallien ja syanidimääritysten maksi-  
miarvoja, kokonaisorgaaninen hiili 1984 - 1985.

		P1	P2	P3	P43	P401
pH	mS/m	30,8	27,9	26,5	13,2	24,3
Alk.	mmol/l	1,37	—	—	0,76	0,64
Asid.	"	0,31	0,21	0,16	0,20	0,29
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	60	2,4	28	9,8	28
NH <sub>4</sub>	"	0,11	<0,01	0,04	3	0,38
NO <sub>2</sub>	"	0,063	0,007	0,033	0,026	0,063
NO <sub>3</sub>	"	0,29	0,36	0,06	0,92	0,23
N <sub>tot</sub>	"	1,1	0,4	1,8	1,8	0,5
P <sub>tot</sub>	"	0,2	0,005	0,07	0,15	0,18
F	"	0,8	0,12	0,07	0,21	1,6
Cl	"	4,0	1,5	2,1	1,7	5,2
SO <sub>4</sub>	"	100	93	76	89	66
CO <sub>2</sub>	"	37	14	13	13	14
Ca	"	38,5	34,5	32,1	11,2	24,4
Mg	"	8,5	8,5	9,5	4,9	7,5
Mn	"	4,00	0,09	0,60	0,73	2,1
As	"	0,03	0,004	0,002	0,05	0,01
Cd	"	0,001	0,0006	<0,0001	0,0003	0,001
Cr	"	0,037	<0,001	<0,001	0,03	0,031
Cu	"	0,05	0,002	0,003	0,06	0,05
Ni	"	0,11	0,12	<0,025	0,030	0,04
Pb	"	0,03	0,013	0,001	0,03	0,02
Zn	"	0,15	0,1	0,1	0,2	0,8
CN	"	0,16	0,053	0,022	0,12	0,141
TOC 1)		16	—	—	1,3	13
Näyttemäärä		6	2	2	6	6

1) kertamäärittely

TAULUKKO 5 Joroisten Kotkatharjun kaatopaikka-alueen  
vesinäytteiden bakteerit 1984 - 1985.

Näytteenottopaikka	pvm.	kolim. bakt.	fekaal. kolimuot. bakt.	fekaal. streptoko- kit	kok. baktee- rimäärä	
		kpl/100ml	kpl/100ml	kpl/100ml	+35°C kpl/ml	+20°C
Joroinen P1	20.11.84	0	0	0	72	-
	06.02.85	0	0	0	870	-
	02.05.85	30	0	0	4160	7800
	17.07.85	0	0	0	1230	6800
	07.10.85	358	0	168	410	1950
Joroinen P2	17.07.85	0	0	0	120	3240
	07.10.85	0	0	0	16	2
Joroinen P3	17.07.85	2	0	0	870	7500
	07.10.85	390	0	640	3300	23100
Joroinen P43	20.11.84	0	0	0	24	-
	06.02.85	0	0	0	630	-
	02.05.85	226	0	0	2300	690
	17.07.85	0	0	0	500	16400
	07.10.85	2580	0	4	530	1230
Joroinen P401	20.11.84	24	0	4	120	-
	06.02.85	0	0	0	570	-
	02.05.85	118	0	100	990	1690
	17.07.85	0	0	0	200	380
	07.10.85	14	0	9	94	1280

## 6.2 JOUTSA

## 6.21 K u o r m i t u s

Kaatopaikkaa on käytetty lähinnä talousjätteen keräämiseen. Muuna jätteenä on vähäisiä määriä yhdyskuntajätevesilietettä ja metalliromua. Kaatopaikka on ollut käytössä lähinnä 1950-luvulla ja lopetettu vuonna 1972. Jätteen määrä on pienehkö, joskaan siitä ei ole tarkempaa tietoa. Nykyisellään kaatopaikka on verhottu tiiviillä maakerroksella.

## 6.22 H y d r o g e o l o g i s e t o l o s u h t e e t

Kaatopaikka sijaitsee suunnilleen pohjois-etelä suuntaisen pitkittäisharjun keskeisessä osassa (kuva 3). Pohjavedenpinnan yläpuolella olevien maakerrosten paksuus on kaatopaikan kohdalla 5 - 10 metriä. Pohjavesikerroksen paksuus on arviolta 5 - 10 metriä. Kaatopaikkavesien laimentuminen on siten keskivertoa edustava.

Pohjavedenpinta on kaatopaikka-alueen tuntumassa lähes samalla tasolla vieton vaihdellessa jossain määrin vuodenaikojen mukaan. Vedenkorkeushavaintojen mukaan havaintopiste P 1 kuuluu jatkuvasti kaatopaikan vaikutusalueeseen. P 2 voi ajoittain olla vaikutuksen piirissä. Sitävastoin vaikutus pisteisiin P 3 ja P 4 on epätodennäköinen, mutta vähäinen vaikutus ei ole täysin poissuljettu. Muodostuman vedenjohtavuus on hyvä.

## 6.23 V e s i n ä y t t e i d e n t u t k i m u s - t u l o k s e t

Näytteitä otettiin neljästä alueelle sijoitetusta teräsmetalliputkesta aikana 20.9.1984 - 29.5.1986. Liitteessä 2 on esitetty fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot. Taulukossa 6 on esitetty fysikaalis-kemiallisten määritysten, raskasmetallien ja syanidin maksimiarvot ja kertamäärityksinä tehdyt kokonaisorgaanisen hiilen arvot sekä taulukossa 7 pohjavesien bakteerit.

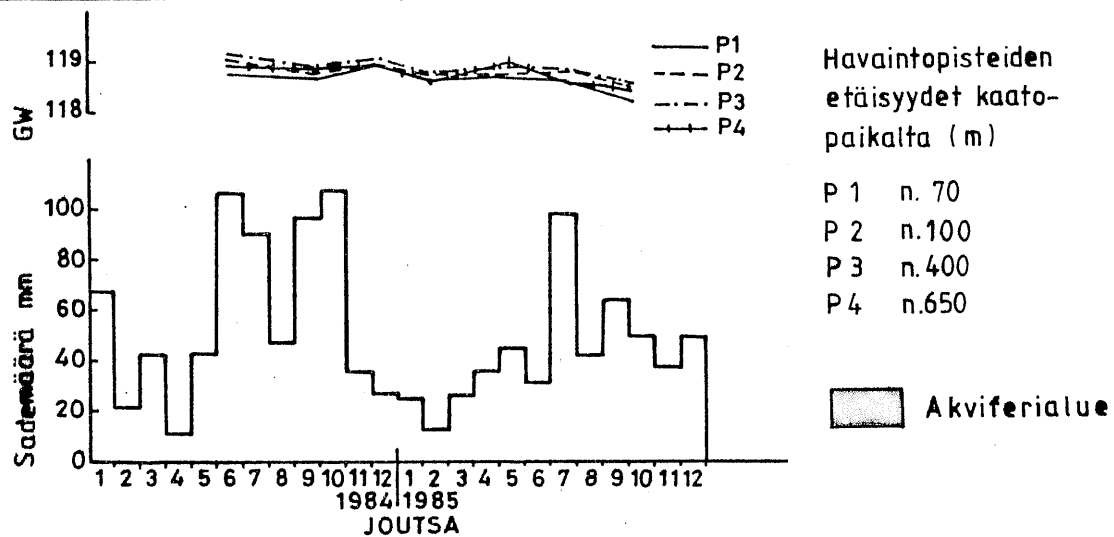
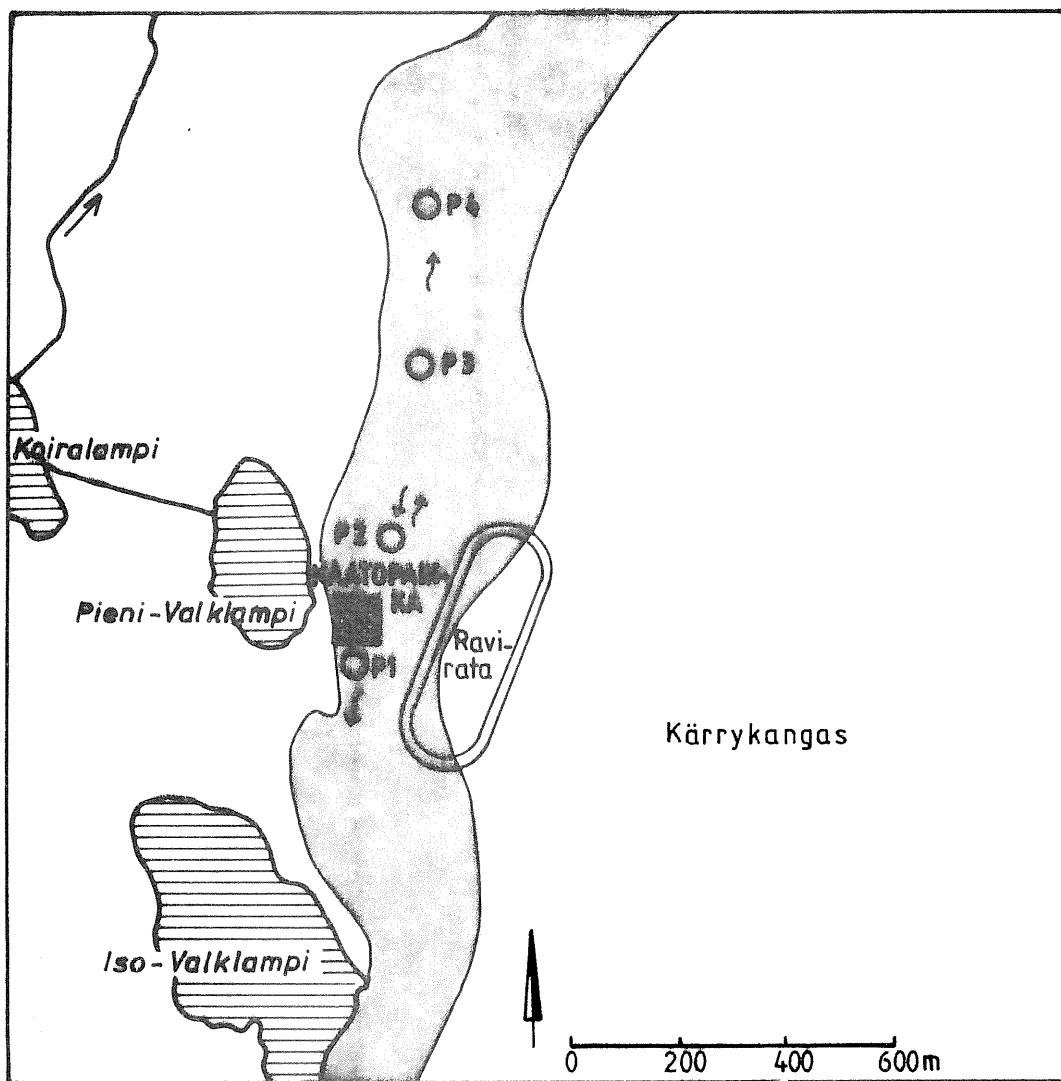
Kaatopaikan vaikutus on selvimmin todettavissa pisteessä P 1, jossa sitä indikoivat COD<sub>Mn</sub>, BOD<sub>7</sub>, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, hiilidioksidi, kalsium ja mangaanin muodostus.

Korkeita konsentraatioita ei fysikaalis-kemiallisten määritysten osalta esiinny muissa pisteissä. Raskasmetalleista arseenia, kadmiumia, kromia ja kuparia on runsaimmin pisteen P 1 alueella, jossa myös kokonaisorgaanisen hiilen ja syanidin määrä on selvästi suurin. Myös syanidia esiintyy runsaimmin pisteessä P 1.

Kolimuoitoisten bakteerien esiintyminen painottuu, (kuten Joroisissa) lokakuun 1985 näytteeseen putkesta P 1, jossa kokonaisbakteerimäärät myös olivat suurimmat ja useamman näytteen yhteydessä esiintyvät. Putkessa 2 kokonaisbak-

teerimäärät ovat merkittäviä kahdella näytteenottokierroksella.

Bakteeritutkimustulokset tukevat edellä muodostunutta kuvaa kaatopaikan vaikutusalueesta.



Kuva 3. Joutsen kaatopaikka-alue, havaintopaikat ja pohjavedenpinnan korkeudet.



TAULUKKO 6 Joutsan Kärkykankaan kaatopaikka-alueen vesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten, raskasmetallien ja syanidimääritysten maksimiarvoja, kokonaisorgaaninen hiili 1984 - 1985.

		P1	P2	P3	P4
pH 25	mS/m	9,7	8,8	6,4	9,3
Alk.	mmol/l	0,26	0,13	0,29	0,34
Asid.	"	1,28	0,58	0,56	0,64
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	450	1,6	7,2	2,4
NH <sub>4</sub>	"	0,25	0,02	0,11	<0,01
NO <sub>2</sub>	"	0,013	0,003	0,007	0,003
NO <sub>3</sub>	"	0,57	0,06	0,97	2
N <sub>tot</sub>	"	3,1	<0,1	0,4	0,8
P <sub>tot</sub>	"	12	0,011	0,049	0,011
F	"	0,08	0,37	0,21	<0,05
Cl	"	9,3	16,3	5,2	8,9
SO <sub>4</sub>	"	9,8	5,9	4,7	8,2
CO <sub>2</sub>	"	70	28	40	31
Ca	"	15,2	4,8	4,4	6,0
Mg	"	6,3	3,4	2,4	1,5
Mn	"	1,6	0,06	0,32	0,03
As	"	0,003	0,003	0,004	0,002
Cd	"	0,0003	<0,001	0,0002	<0,0001
Cr	"	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
Cu	"	0,005	0,003	0,001	0,001
Ni	"	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Pb	"	0,002	0,007	0,001	0,001
Zn	"	0,3	0,6	0,3	0,10
CN	"	0,21	0,138	0,097	0,128
TOC 1)		14	4,1	5,2	6,7
Näyttemäärä		7	7	7	7

1) kertamäärittelys

TAULUKKO 7 Joutsan Kärrikankaan kaatopaikka-alueen vesinäytteenäytteiden bakteerit 1984 - 1985.

Näytteenottopaikka	pvm.	kolim. bakt. kpl/100ml	fekaal. kolimuot. bakt. kpl/100ml	fekaal. streptoko- kit kpl/100ml	kok. baktee- rimäärä +35°C +20°C kpl/ml	
Joutsa P1	04.12.84	4	0	0	8500	-
	05.02.85	3	0	0	8300	-
	07.05.85	60	0	0	48	1190
	24.07.85	40	0	0	380	20700
	02.10.85	1140	0	0	3000	10300
Joutsa P2	04.12.84	0	0	0	5	-
	05.02.85	0	0	1	3500	-
	07.05.85	0	0	0	1	2
	24.07.85	0	0	0	0	13
	02.10.85	0	0	0	1100	15
Joutsa P3	04.12.84	2	0	0	3	-
	05.02.85	0	0	0	4	-
	07.05.85	2	0	0	9	6
	24.07.85	0	0	0	0	1
	02.10.85	0	0	0	83	38
Joutsa P4	04.12.84	0	0	0	15	-
	05.02.85	0	0	0	18	-
	07.05.85	0	0	0	2	8
	24.07.85	0	0	0	0	45
	02.10.85	0	0	0	15	18

## 6.3 JÄPPILÄ

## 6.31 K u o r m i t u s

Jäppilän tutkimuspaikkaa käytetään yksinomaan asumajätevesilietteen keräämiseen, joten se poikkeaa muista käsitellyistä kaatopaikoista. Alue on muutaman aarin suuruinen padottu allas, josta lietteen neste valuu pohjaveeseen.

## 6.32 H y d r o g e o l o g i s e t o l o s u h t e e t

Alue (kuva 4) kuuluu Joroisista luoteeseen suuntautuvaan pitkittäisharjujaksoon. Lietelammikko on harjun reunaosassa. Pohjavedenpinta on noin 1 metrin etäisyydellä maanpinnasta. Pohjavesi virtaa harjun pituussuunnassa kohti kaakkoa. Pohjaveden varastotilavuus on harjumuodostumien keskivertoa edustava vesikerroksen paksuuden ollessa arviolta 5 - 10 metriä. Muodostuman vedenjohtavuus on hyvä.

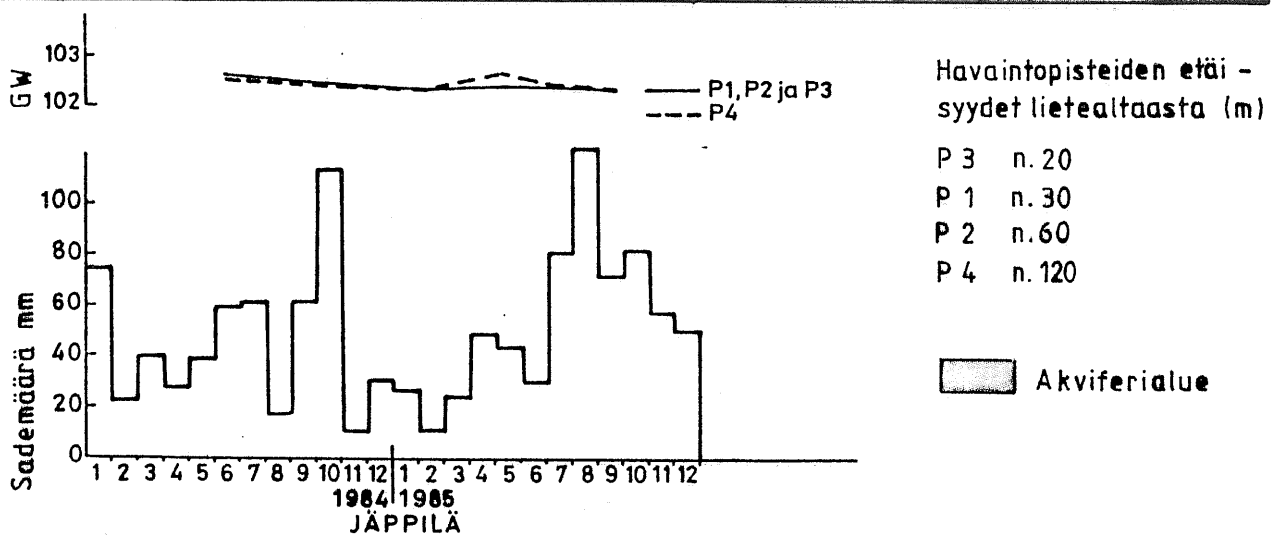
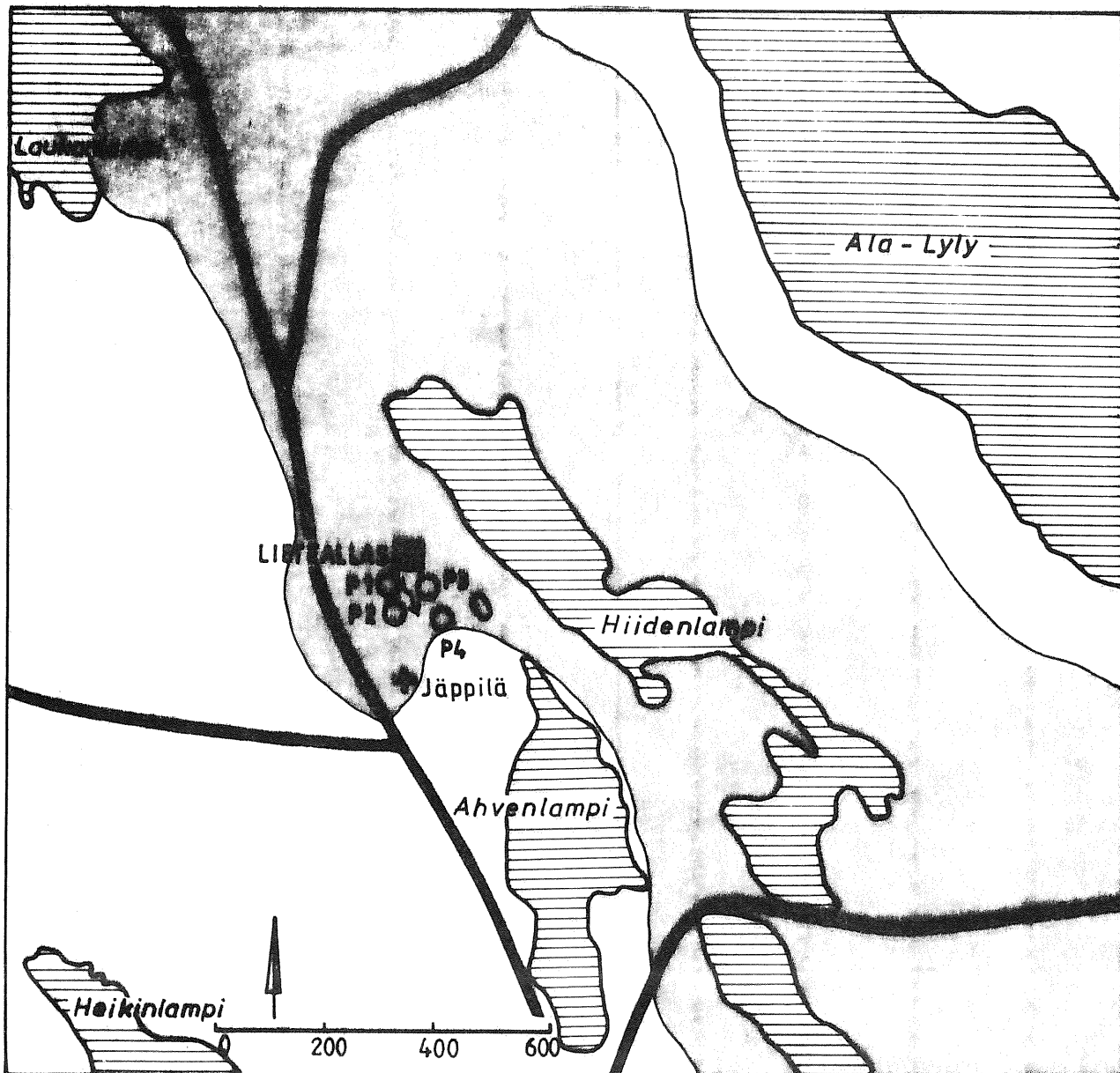
## 6.33 V e s i n ä y t t e i d e n t u t k i m u s - t u l o k s e t

Vesinäytteitä otettiin neljästä tarkoitukseen asennetusta havaintoputkesta aikana 17.9.1984 - 25.9.1985. Fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot on esitetty liitteessä 3. Fysikaalis-kemiallisten-, raskasmetalli- ja syanidimääritysten maksimi-arvot ja kokonaisorgaanisen hiilen kertamääritystulokset on esitetty taulukossa 8. Taulukossa 9 on esitetty bakteeritutkimusten tulokset.

Jätevesilammikon vaikutus on todettavissa kaikissa havaintopisteissä. Fysikaalis-kemiallisia parametrejä luonnehtii lammikon lähialueen putkessa P 1 korkea sähkönjohtavuus, alkaliteetti, asiditeetti, kemiallinen ja biokemiallinen hapenkulutus, ammonium, kokonaistyyppi ja -fosfori, fosfaatti, fluoridi, kloridi, vapaa hiilihappo, kalsium ja magnesium. Olosuhteet ovat anaerobiset mitä hapettomuuden ohella kuvastaa eri tyyppiyhdisteiden esiintyminen. Lammikon toinen lähiputki P 3 osoittaa eri tavoin painottuneita arvoja. Olosuhteet ovat hapettavammat kuin putkessa P 1. Niinpä tyyppi esiintyy pääasiassa nitraattimuodossa, kemiallinen hapenkulutus ja mangaani ovat edelleen korkeat, mutta muut määritysten luku-arvot ovat yleensä pienemmät kuin putkessa P 1.

Korkeita raskasmetalli- ja syanidipitoisuuksia esiintyy samoin erityisesti pisteessä P 1, jossa myös kokonaisorgaanisen hiilen määrä on korkea.

Lukuunottamatta pistettä 2 näytteiden kokonaisbakteeriluvut ovat ajoittain korkeita, mutta vain putkesta P 3 (8.5.85) on löydetty runsaasti kolimuotoisia bakteereita. Putki P 2 on "siisti", mikä on sopusoinnussa myös muiden edellä olevissa taulukoissa esitettyjen havaintojen kanssa, eli kaatopaikan vaikutus sen veteen näkyy muita lievempänä.



Kuva 4. Jäppilän Hiidenlammen asumajätevesilietealtaan alue, havaintopaikat ja pohjavedenpinnan korkeudet.

TAULUKKO 8

Jäppilän Hiidenlammen jätevesien imeytyslammikkoalueen vesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten, raskasmetallien ja syanidimääritysten maksimiarvoja, kokonaisorgaaninen hiili 1984 - 1985.

		P3	P1	P2	P4
pH	mS/m	24,6	60	15,2	11,9
Alk.	mmol/l	0,53	3,12	0,44	0,1
Asid.	"	1,64	5,53	0,64	1,34
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	76	140	8,0	44
NH <sub>4</sub>	"	1,6	35	0,02	0,07
NO <sub>2</sub>	"	0,24	0,033	0,003	0,007
NO <sub>3</sub>	"	57	0,66	1,6	0,66
N <sub>tot</sub>	"	16	27	0,9	0,4
P <sub>tot</sub>	"	1,9	3,7	0,005	0,011
F	"	<0,05	2,4	0,1	0,75
Cl	"	3,5	40	10	3,0
SO <sub>4</sub>	"	13	5	25	41
CO <sub>2</sub>	"	67	300	35	85
Ca	"	6,4	14	9,6	4,8
Mg	"	5,3	12,2	5,6	6,3
Mn	"	3,3	0,43	0,07	0,13
As	"	0,01	0,53	0,004	0,011
Cd	"	0,0003	0,001	0,0003	0,0013
Cr	"	0,013	0,53	<0,005	0,002
Cu	"	0,032	1,0	0,005	0,033
Ni	"	0,01	0,61	0,042	0,068
Pb	"	0,007	0,13	0,006	0,003
Zn	"	0,1	0,4	0,7	0,7
CN	"	0,138	0,781	0,14	0,091
TOC <sup>1)</sup>	"	8,8	92	3,4	13
Näyttemäärä		6	6	6	6

1) kertamäärittely

TAULUKKO 9

Jäppilän Hiidenlammen jätevesien imeytyslammikkoalueen vesinäytteiden bakteerit 1984 - 1985.

Näytteenottopaikka	pvm.	kolim. bakt. kpl/100ml	fekaal. kolimuot. bakt. kpl/100ml	fekaal. streptoko- kit kpl/100ml	kok. baktee- rimäärä +35°C +20°C kpl/ml	
Jäppilä 1	19.11.84	0	0	0	115	-
	11.02.85	0	0	0	12700	-
	08.05.85	8	0	0	470	123
	15.07.85	0	0	0	0	4
	25.09.85	0	0	0	85	47
Jäppilä 2	19.11.84	0	0	0	11	-
	11.02.85	0	0	0	7	-
	08.05.85	0	0	0	4	3
	15.07.85	0	0	0	30	105
	25.09.85	0	0	0	9	2
Jäppilä 3	19.11.84	4	0	12	660	-
	11.02.85	0	0	9	12200	-
	08.05.85	760	0	0	2380	41600
	15.07.85	0	0	0	1730	3200
	25.09.85	0	0	0	37	22
Jäppilä 4	19.11.84	0	0	0	107	-
	11.02.85	0	0	0	148	-
	08.05.85	0	0	0	30	39
	15.07.85	0	0	0	85000	17400
	25.09.85	0	0	0	13	9

## 6.4 KANNONKOSKI

## 6.4 K u o r m i t u s

Kaatopaikka<sub>3</sub> on perustettu vuonna 1966. Jättemäärä on noin 1600 m<sup>3</sup>/v, josta suurin osa on talousjätettä. Lisäksi on yhdyskuntajätevesi- ja sakokaivolietettä sekä metalliromu- ja rakennusjätettä.

## 6.4 H y d r o g e o l o g i s e t o l o s u h t e e t

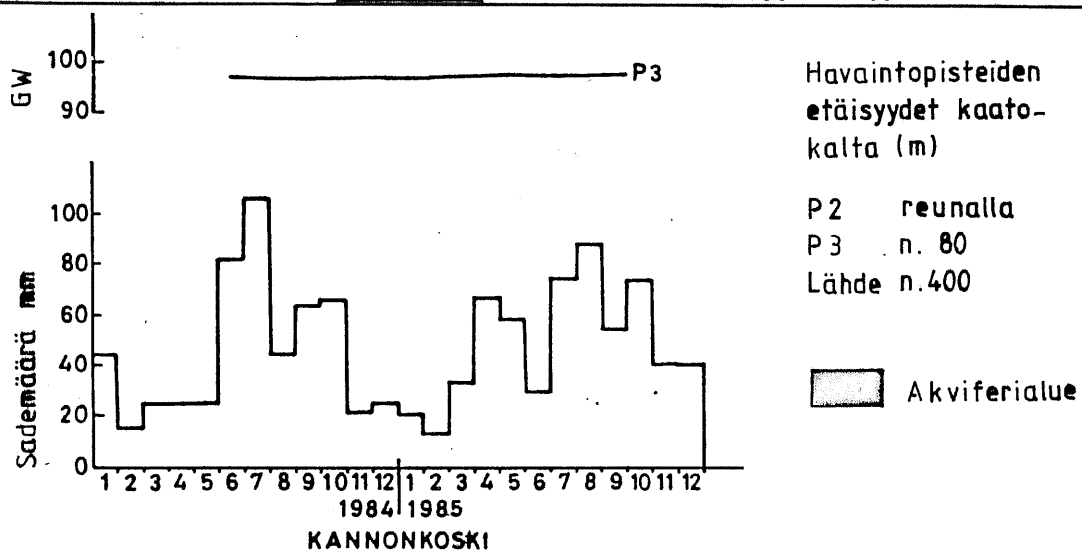
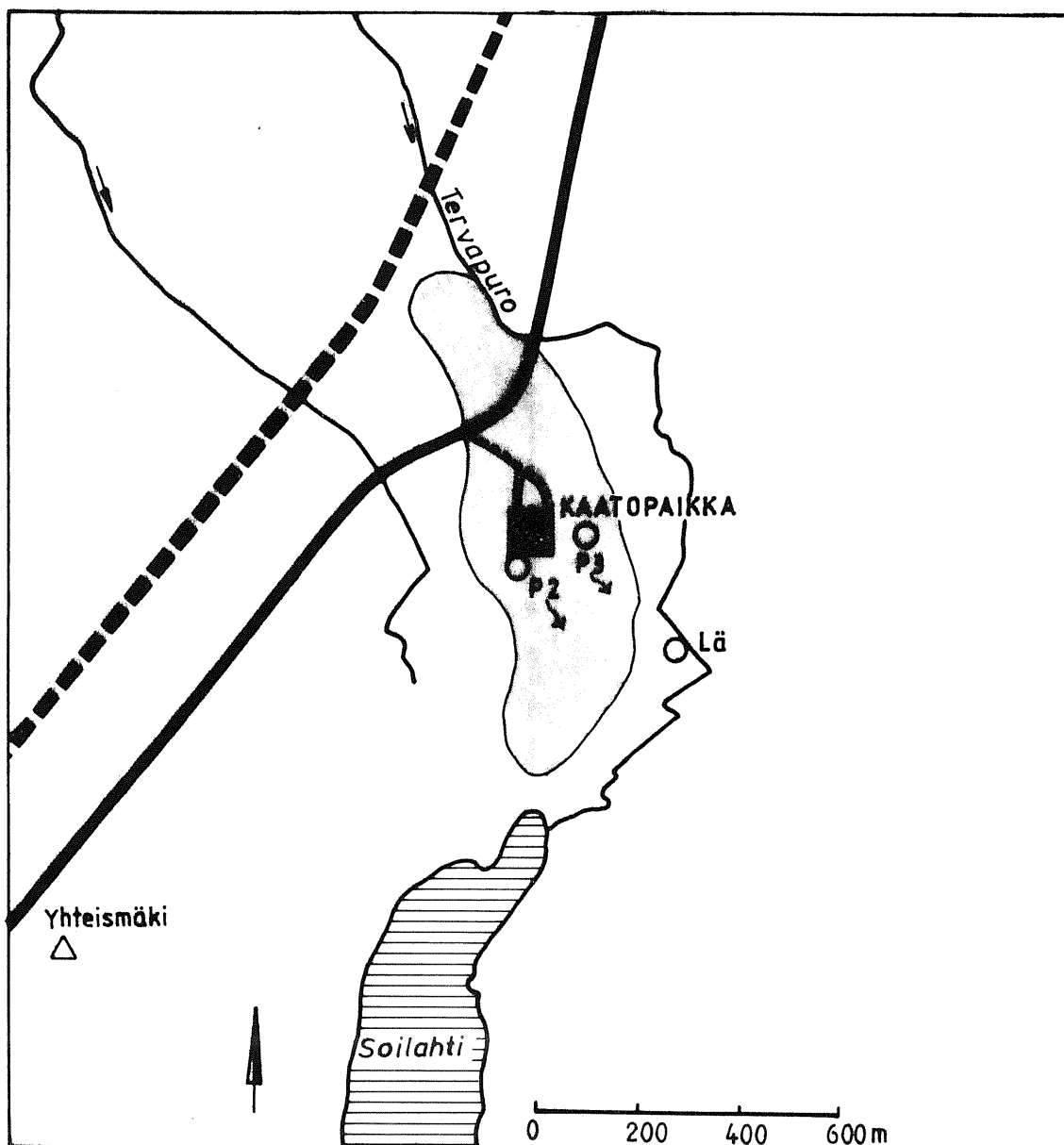
Kaatopaikka-alueen maaperä (kuva 5) on pääasiassa huonosti lajittuneita hiekka-aineksia kallion päällä olevana, keskimäärin ehkä 5 metrin paksuisena "kuorena". Pohjavesikerros on epäyhtenäinen ja paksuudeltaan noin 2-4 metriä. Pohjaveden virtauskuva on epämääräinen, mutta virtauksen pääsuunta on todennäköisesti kaakkoon. Alueen kerrostumien vedenjohtavuus on heikohko.

## 6.43 V e s i n ä y t t e i d e n t u t k i m u s - t u l o k s e t

Tutkimuksia suoritettiin lähinnä pisteeseen P 3 asetetusta teräsputkesta sekä lähellä olevasta lähteestä 19.9.1984 - 30.9.1985. Putkesta P 2 tehtiin lisäksi raskasmetallimäärittäyksiä sekä tutkittiin bakteerit. Fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot on esitetty liitteessä 4. Fysikaalis-kemiallisten-, raskasmetalli- ja syanidimääritysten maksimi-arvot sekä kokonaisorgaanisen hiilen kertamääritysten tulokset ovat taulukossa 10. Taulukossa 11 on bakteerimääritysten tulokset.

Kaatopaikan vaikutus on selvästi havaittavissa putkessa P 3. Viitteitä tästä antavat ennenkaikkea veden korkeat sähkönjohtavuus, kloridi-, kalsium- ja sulfaattipitoisuudet. Raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä.

Pisteiden P 2 ja P 3 vesissä esiintyy hetkittäin runsaasti koliformisia bakteereja. Fekaalisia streptokokkeja esiintyy putkessa P 2, jossa myös kokonaisbakteerimäärät ovat suuria.



Kuva 5. Kannonkosken Tervakankaan kaatopaikka-alue, havaintopaikat ja pohjavedenpinnan korkeudet.



TAULUKKO 10

Kannonkosken Tervakankaan kaatopaikka-alueen vesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten, raskasmetallien ja syanidimääritysten maksimiarvoja, kokonaisorgaaninen hiili 1984 - 1985.

		P2	P3	Lä
p 25	mS/m	-	40,1	12,3
Alk.	mmol/l	-	0,62	0,87
Asid.	"	-	0,85	1,46
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	30	8,4	32
NH <sub>4</sub>	"	-	0,03	0,61
NO <sub>2</sub>	"	-	0,003	0,01
NO <sub>3</sub>	"	-	17	0,09
N <sub>tot</sub>	"	-	4,3	0,6
P <sub>tot</sub>	"	0,57	0,017	0,1
F	"	<0,05	0,08	0,24
Cl	"	-	53	8,2
SO <sub>4</sub>	"	-	36	5,2
CO <sub>2</sub>	"	-	46	86
Ca	"	-	29,3	7,2
Mg	"	-	8,2	2,4
Mn	"	0,80	0,03	0,73
As	"	0,015	0,004	0,008
Cd	"	0,0004	0,0004	<0,0001
Cr	"	0,002	<0,001	0,002
Cu	"	0,003	0,003	0,002
Ni	"	0,032	0,25	0,0043
Pb	"	0,025	0,008	<0,001
Zn	"	0,1	0,1	0,1
CN	"	0,008	0,081	0,088
TOC 1)		-	6,9	14
Näyttemäärä		3	6	5

1) kertamäärittäminen

TAULUKKO 11

Kannonkosken Tervakankaan kaatopaikka-alueen  
vesinäytteiden bakteerit 1984 - 1985.

Näytteenottopaikka	pvm.	kolim. bakt.	fekaal. kolimuot. bakt.	fekaal. streptoko- kit	kok. baktee- rimäärä	
		kpl/100ml	kpl/100ml	kpl/100ml	+35°C kpl/ml	+20°C kpl/ml
Kannonkoski, P 2	03.12.84	14	0	0	64	-
	06.05.85	62	0	0	17900	12200
	22.07.85	4900	0	0	14600	123000
	30.09.85	0	0	220	11700	13900
P 3	03.12.84	0	0	0	17	-
	04.02.85	0	0	0	53	-
	06.05.85	580	36	0	570	51
	22.07.85	0	0	0	95	1850
	30.09.85	0	0	0	7	1
Lähde	03.12.84	0	0	0	230	-
	04.02.85	0	0	0	13	-
	22.07.85	42	0	0	3	1
	30.09.85	56	0	0	4	7

## 6.5 KONTIOLAHTI

## 6.51 K u o r m i t u s

Kaatopaikka on perustettu vuonna 1962. Sinne on viety lähinnä talousjätettä, lisäksi sakokaivolietettä ja öljyjätettä. Kokonaisjättemäärä on noin 15 000 m<sup>3</sup>/v.

## 6.52 H y d r o g e o l o g i s e t o l o s u h t e e t

Kaatopaikka-alue (kuva 6) sijaitsee pitkittäisharju-reunamuodostumakompleksissa, joka käsittää kaatopaikan tienoolla vaihtelevia sora-hiekkakerrostumia. Karkearakeisten lajitteiden levinneisyys ei ole tiedossa, mutta todennäköisesti tällainen aines jatkuu syvällä olevina kerrostumina kohti eteläpuolella olevaa Pielisjokea. Myös pohjaveden pinta viettää kohti jokea. Koska kaatopaikka sijaitsee sorakuopassa, suotovirtausmatka alla olevaan pohjaveteen on vain muutamia metrejä. Sitävastoin pohjaveden varastotilavuus on suuri, mistä johtuen suotovedet nopeasti laimentuvat. Maakerrostumien vedenjohtavuus on kyseessä olevien muodostumien keskivertoa pienempi.

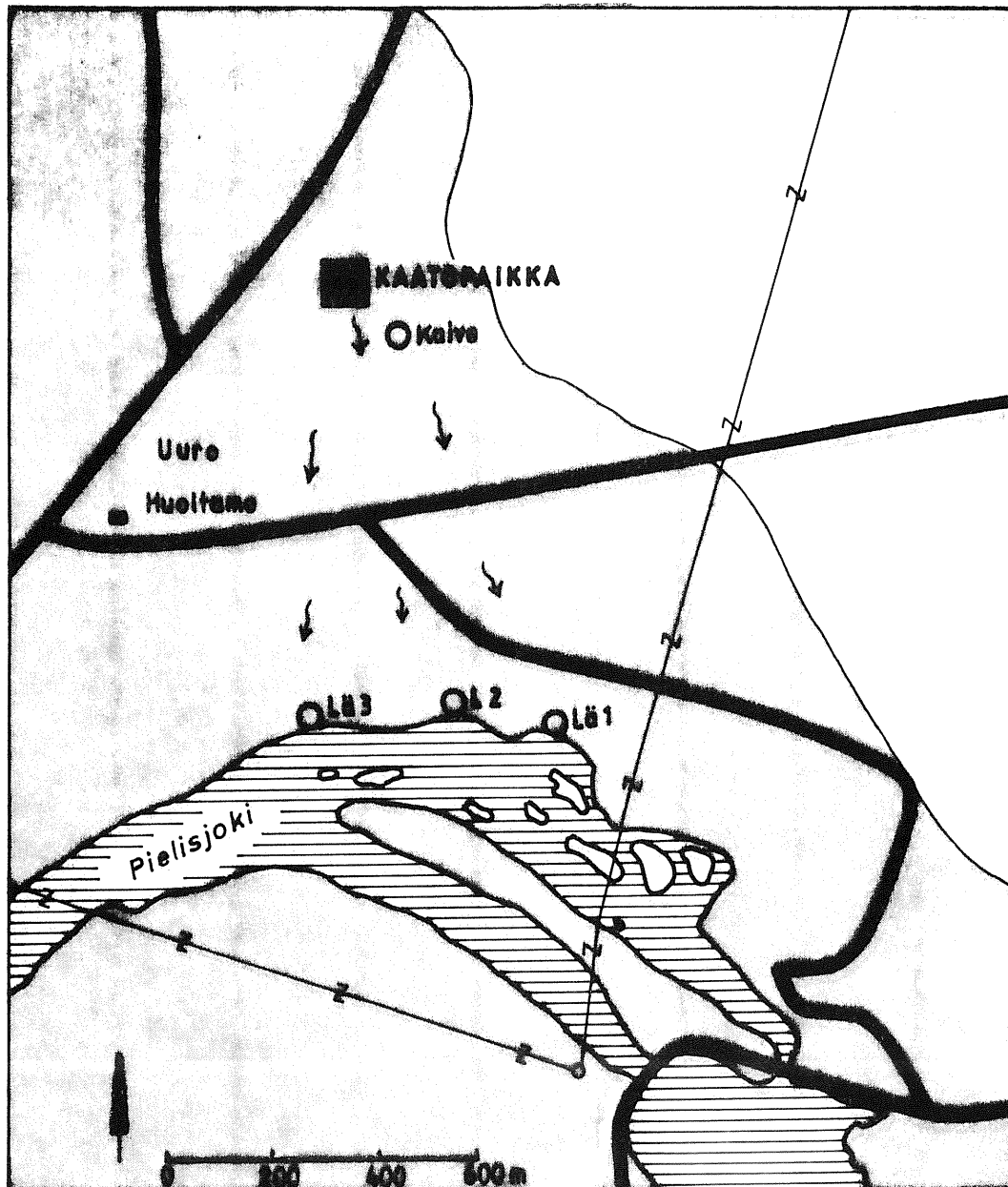
## 6.53 V e s i n ä y t t e i d e n t u t k i m u s - t u l o k s e t

Vesinäytteitä otettiin kaatopaikan lähellä olevasta puurakenteisesta kaivosta sekä kolmesta Pielisjoen rannalla olevasta lähteestä.

Fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot on esitetty liitteessä 5. Fysikaalis-kemiallisten-, raskasmetalli- ja syanidimääritysten maksimi-arvot ja orgaanisen hiilen määritykset ovat taulukossa 12. Bakteerimääritysten tulokset on esitetty taulukossa 13.

Kaivossa kaatopaikan vaikutusta ilmentävät fysikaalis-kemiallisten määritysten osalta väri, kemiallinen ja biokemiallinen hapenkulutus, hiilidioksidi sekä ajoittain korkeat mangaanin ja fosforin määrät, samoin kokonaisorgaaninen hiili. Raskasmetallipitoisuudet eivät ole merkittäviä. Koliformisia bakteereja on ajoittain runsaasti, mutta kokonaisbakteerimäärät ovat pieniä.

Lähdevesinäytteissä esiintyy joiltain osin (COD<sub>Mn</sub>, kok.fosfori) arvoja, jotka voisivat olla kaatopaikkavaikutuksen merkkejä, mutta tällainen tulkinta on kyseenalainen. Koliformisten bakteerien luvut ovat korkeita, mutta tässä tapauksessa samoin epävarmoja indikaattoreita pintavaluma-ilmioiden vuoksi.



Havaintopisteiden etäisyydet kaatopaikalta (m)

Kaivo n 70 m

L1, L2, L3 n. 800 m

 Akviferialue

Kuva 6. Kontiolahden Uuron kaatopaikka-alue ja havaintopaikat.

TAULUKKO 12

Kontiolahden Uuron kaatopaikka-alueen vesinäytteen fysiikkaalis-kemiallisten, raskasmetallien ja syanidimääritysten maksimiarvoja, kokonaisorgaaninen hiili 1984 - 1985.

		K	Lä1	Lä2	Lä3
p 25	mS/m	15,9	4,9	10	-
Alk.	mmol/l	1,08	0,19	0,16	-
Asid.	"	1,32	0,09	0,16	0,16
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	48	10	21	1,3
NH <sub>4</sub>	"	0,21	<0,01	0,01	1,2
NO <sub>2</sub>	"	0,03	0,003	0,003	0,024
NO <sub>3</sub>	"	0,16	1,1	0,62	<0,04
N <sub>tot</sub>	"	0,9	1,4	0,3	<0,1
P <sub>tot</sub>	"	0,918	0,053	1,6	-
F	"	0,08	<0,05	<0,05	1,7
Cl	"	3,0	6,5	7,9	<1
SO <sub>4</sub>	"	13	2,3	1,7	-
CO <sub>2</sub>	"	65	5	-	-
Ca	"	-	-	-	-
Mg	"	-	-	-	-
Mn	"	1,1	0,03	0,13	-
As	"	0,002	0,002	0,001	0,003
Cd	"	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Cr	"	<0,001	0,001	<0,001	0,002
Cu	"	<0,001	0,002	0,001	0,004
Ni	"	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Pb	"	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
Zn	"	0,7	0,4	0,03	0,04
CN	"	<0,005	0,039	<0,005	<0,005
TOC <sup>1)</sup>		22	5,5	-	-
Näytemäärä		4	4	3	2

1) kertamäärittely

TAULUKKO 13

Kontiolahden Uuron kaatopaikka-alueen  
vesinäytteiden bakteerit 1984 - 1985.

Näytteenottopaikka	pvm.	kolim. bakt.	fekaal. kolimuot. bakt.	fekaal. streptoko- kit	kok. baktee- rimäärä	
		kpl/100ml	kpl/100ml	kpl/100ml	+35°C kpl/ml	+20°C
Kontiolahti K	30.07.85	176	4	0	1010	1490
	22.10.85	10	0	2	550	680
Lä 1	14.05.85	394	0	0	33	97
	30.07.85	238	0	30	351	1760
	22.10.85	620	6	2	74	2900
Lä 2	14.05.85	660	0	0	42	124
Lä 3	14.05.85	250	0	1	195	650

## 7 VERTAILUALUEILTA SAATUJA TIETOJA

### 7.1 TUUSULAN TERRISUON KAASTOPAIKKA-ALUEEN TUTKIMUKSET

Kaatopaikka sijaitsee Jäniksenlinnan harjuaalueen (kuva 7) reunalla. Kaatopaikan, jonka massat käsittävät sekä erilaisia teollisuus- että yhdyskuntajätteitä, suotovedet pääsevät ainakin osittain harjun pohjavesivyöhykkeeseen, jonka vesikerroksen laajuus ja paksuus ovat keskimääräistä suuremmat. Pohjaveden virtaus suuntautuu luoteeseen, jossa Tuusulan seudun kuntainliiton Jäniksenlinnan pohjavedenottamo sijaitsee.

Kaatopaikan välittömässä läheisyydessä, putkessa Poh 1, (liite 6) havaitaan fysikaalis-kemiallisten määritysten antamien "tavanmukaisten" indikaatioiden ohella pohjavedelle poikkeuksellisen korkea alkaliteetti (5 - 10 mmol/l). Kloridia on tässä tapauksessa myös runsaasti ja kokonaiskovuuden ja mangaanin arvot ovat korkeat.

Noin 500 metrin etäisyydellä kaatopaikalta olevassa putkessa Poh 4 havaitaan sähkönjohtavuuden pienentyminen noin viidennekseen, kokonaiskovuuden, kloridin ja  $\text{KMnO}_4$ -kulutuksen noin neljännekseen sekä alkaliteetin noin kuudenteen osaan.

Molempien pisteiden myrkyllisten raskasmetallien määrät ovat pienet, ilmeisesti lähellä pohjaveden luonnollisia (joskin vähän tunnettuja) tausta-arvoja. Elohopea putkessa Poh 4 osoittaa ajoittain kohonneita pitoisuuksia. Bakteriologiset havainnot eivät anna indikaatioita likaantumisesta.

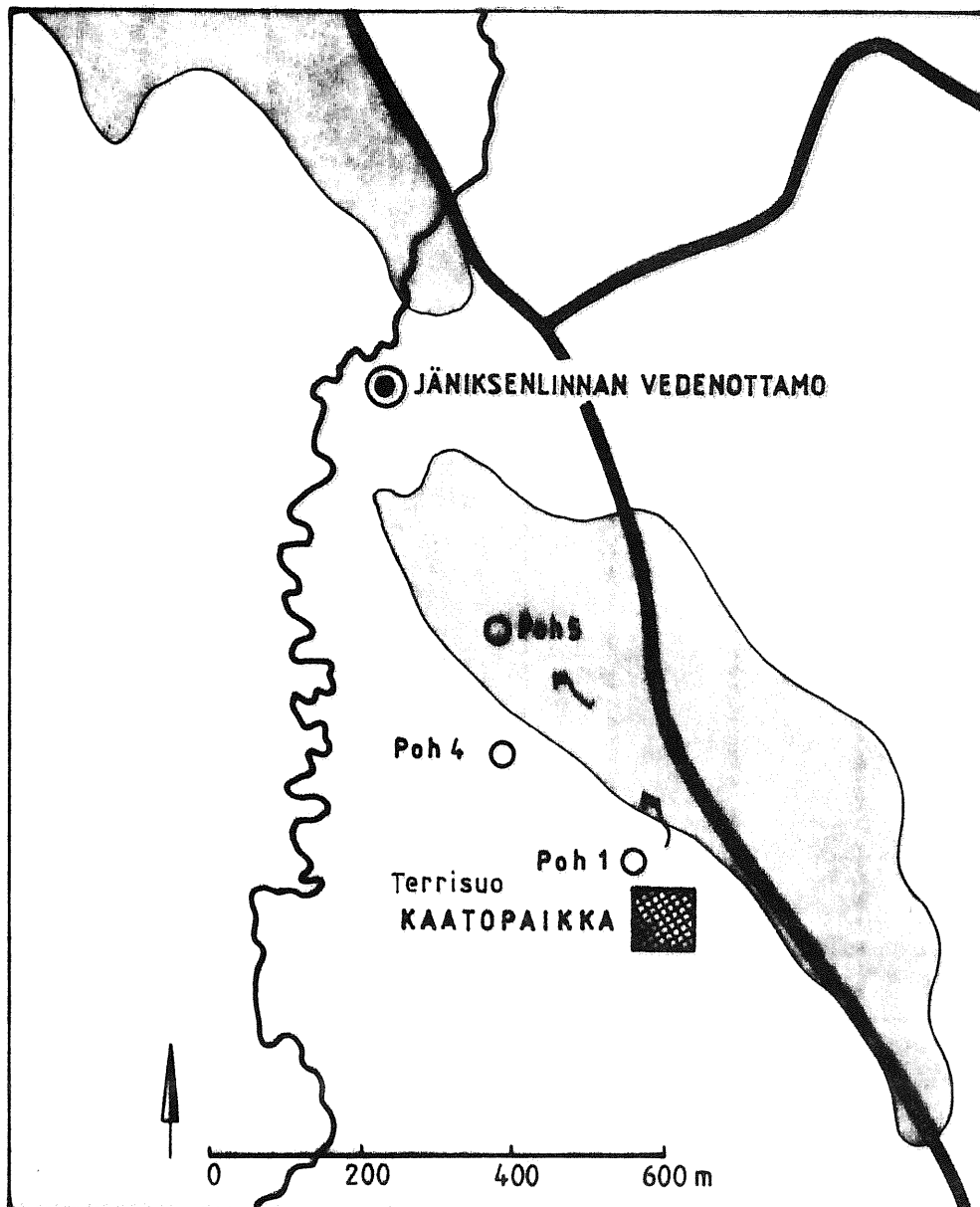
Kaatopaikalta noin 800 metrin päässä olevassa putkessa Poh 5 tilanne on edellä mainittujen parametrien osalta samankaltainen kuin putkessa Poh 4.

Kaatopaikan vaikutus tuleeekin paremmin esiin tutkittaessa luonnolliseen pohjaveteen sisältyttämiä aineosia. Liitteen 6 mukaisissa määrityksissä kaukokulkeutumisesta antavat parhaan kuvan havainnot öljypitoisuuksista.

Helsingin yliopiston Yleisen mikrobiologian laitoksen tutkimuksessa (Salkinoja-Salonen ym. 1986) on todettu, että putkessa Poh 4 trikloorietyleenin määrä oli 1480 ja vastaavassa putkessa Poh 5 614 nanogrammaa litrassa eroten selvästi muiden pisteiden yleensä alle määritysrajojen olevista arvoista. Putkesta Poh 1 määrityksiä ei valittavasti ole.

Tutkimuksessa havaitaan myös kalsiumin ilmeisen korkeat arvot luonnolliseen pohjaveteen nähden (Poh 4 17-19 mg Ca/l ja Poh 5 11-16 mg Ca/l).

Korkein alumiinipitoisuus havaittiin putkessa Poh 4, 3,8 mg Al/l. Tausta-arvot ko. hydrogeologisissa olosuhteissa puuttuvat.




Pohjavedenpintojen korkeudet 12.5.1987

Poh 1 +53,01

Poh 4 +52,36

Poh 5 +50,59

 Akviferialue (jatkuu sivuille peitteisenä)

Kuva 7. Tuusulan Terrisuo kaatopaikka-alue, havaintopaikat ja pohjavedenpinnan korkeudet.



## 7.2

VALKEAKOSKEN KAUPUNGIN LUMIKORVEN KAASTOPAIKKA-ALUEEN  
TUTKIMUKSET

Kaatopaikka, joka on perustettu 1964, sijaitsee kalliopaljastuma-alueella. Itäreunalla se ulottuu soistuneen moreenimaan peittämään kaakko-luodesuuntaiseen kallioruhjelaaksoon (kuva 8).

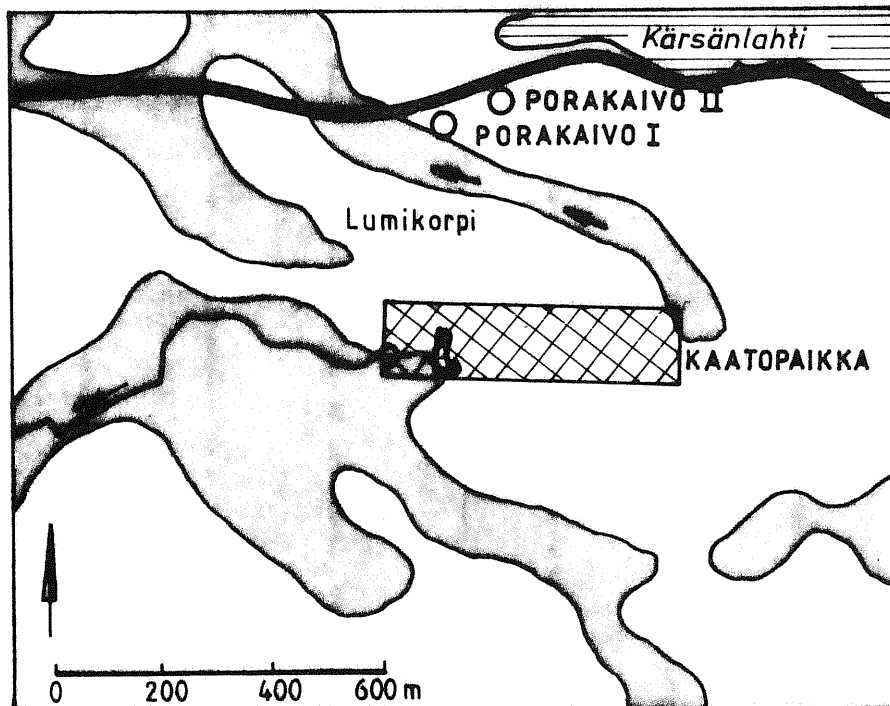
Tavanomaisen yhdyskuntajätteen ohella kaatopaikalle on kuljetettu teollisuusjätteenä muun muassa niinsanottua jäteköyhtä. Tämä viskoosikatkokuitusäikeistä muodostuva köysi sisältää painostaan noin 60 % kehruhaudetta, jossa on mm. rikkihappoa ja sinkkisulfaattia. V. 1981 kaatopaikalle viedyn rikkihapon määräksi on arvioitu 120 tonnia sekä sinkin 5,5 tonnia.

Hämeen Osuusmeijerillä oli käytössä kaksi kalliokaivoa em. ruhjelaakson reunan tuntumassa. V. 1971 saatiin havaintoja kaivovesien likaantumisesta, jota osoittivat mm. haju, ammonium ja erityisesti korkea sulfaattipitoisuus. Korkein arvo on vuodelta 1976, jolloin kaivo nro I:n vedessä havaittiin sulfaattia 254 mg/l. Kalsiumin määrä oli 109 mg/l.




Kaivossa II oli vastaavasti sulfaatteja 136 mg/l sekä kalsiumia 75 mg/l.

1985 tehdyn määrityksen mukaan kaivon I vedessä oli edelleen sulfaattia 225 mg  $\text{SO}_4$ /l sekä sinkkiä 7,4 mg Zn/l.

Maasto-olosuhteiden perusteella on mahdollista, että kaatopaikan suotovesiä kulkeutuu jossain määrin pintavaluntana pitkin laaksoa luoteeseen. Kyseiset kalliopora-kaivot sijaitsevat kuitenkin tälle mahdollisen alueen ulkopuolella. Koska laaksoalueella pohjavesien virtaus lisäksi pyrkii hakeutumaan olosuhteiden vuoksi maanpinnalle (sekä maaperästä että kalliosta) vaikuttaa todennäköisimmältä, että kaivojen epäpuhtaudet ovat kulkeutuneet suoraan kaatopaikalta kallioperää pitkin. Kulkeutumismatkaa on noin 500 metriä. (Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin selvityksestä).



#### Merkkien selitys

-  pääasiallisesti kalliokohouma - aluetta
-  maapeitteisiä alueita
-  maanpinnan viettosuunta = pohjaveden virtaussuunta

Kuva 8. Valkeakosken Lumikorven kaatopaikka-alue ja kalliokaivot.

## 8 TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA

### 8.1 KAASTOPAIKKOJEN SUOTOVESIEN TUNNUSMERKIT JA KAUOKULKUKEUTUMISHAVAINNOT POHJAVESISSÄ

#### 8.11 Y l e i s t ä

Eri kohteissa tehty havainnot osoittavat, että saman kaatopaikan vaikutus ilmenee eri tavalla jo lähelläkin olevissa havaintopisteissä. Tähän luonnollisesti voi vaikuttaa kaatopaikkamassojen erilaisuus, mutta myös pohjaveden virtaus-, laimentumis-, pidätyskyky- ja hapetuspelkistysolosuhteet. Kuvissa 9-12 on esitetty eri aineiden konsentraatioita ja mittausarvoja havaintokohteina olleiden Joroisten, Joutsan, Jäppilän ja Kannonkosken kaatopaikoilta. Ainepitoisuuksia tai lukuarvoja verrataan Kuopion yliopiston kaatopaikkasuotovesitutkimuksen havaintoihin (Pärjälä ym. 1986). Kuvissa on myös esitetty, milloin mahdollista, Itä-Suomen alueelle ominainen laatutausta-arvo. Ainekulkeumia ja indikaatioita verrataan myös muuttamiin vertailualueiden (Tuusula, Valkeakoski) havaintoihin.

#### 8.1 H a v a i n n o t

##### Sähkönjohtavuus

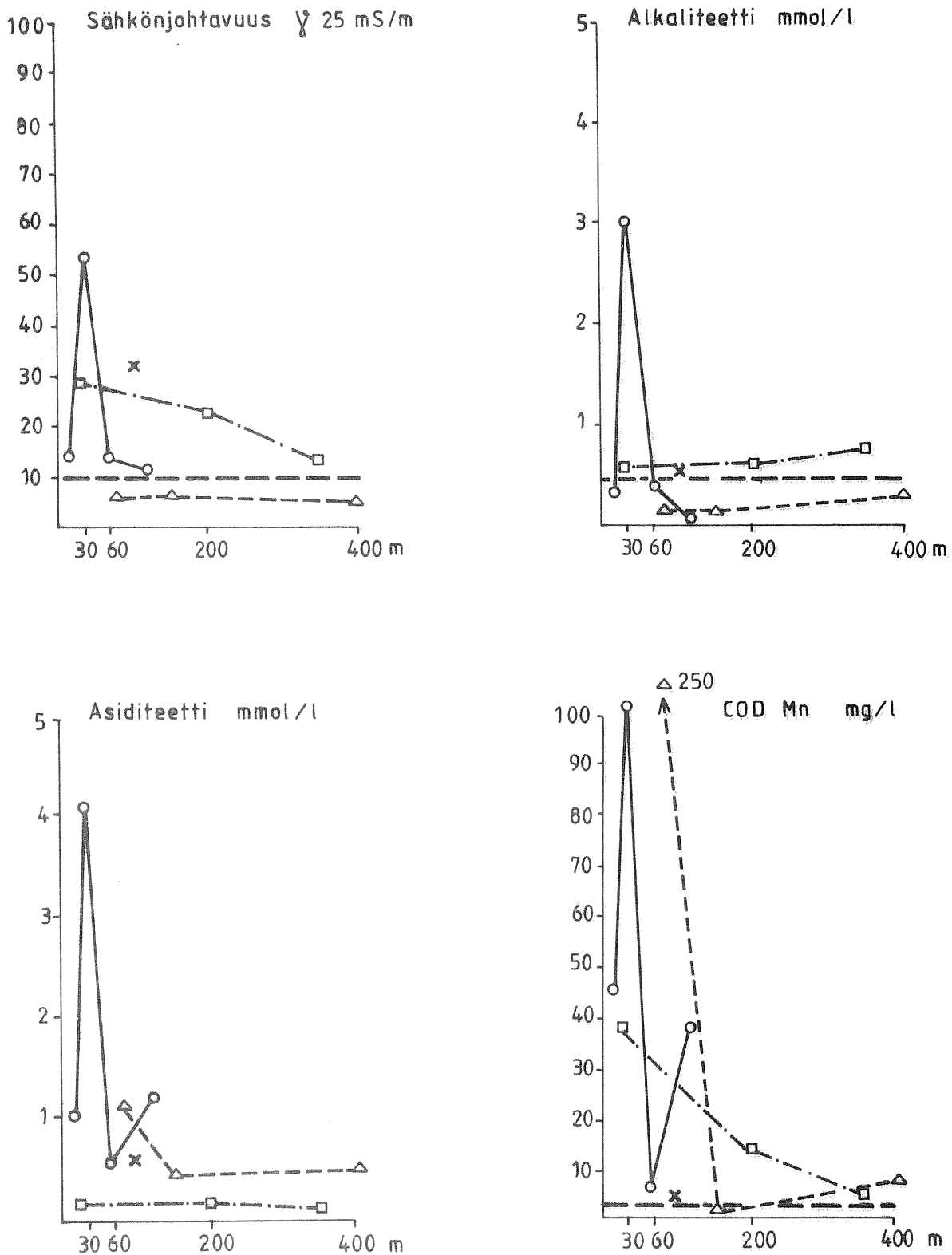
Kaatopaikkasuotovesissä (taulukko 1) esiintyy lähes aina yli 100 mS/m olevia, huomattavan suuriakin sähkönjohtavuuksia. Kaatopaikkapohjavesissä suuruusluokka 100 mS/m voi ilmetä, jos kuormitus on korkea. Tuusulan kaatopaikalla on havaittu arvoja >100 mS/m kaatopaikan läheisyydessä (Poh 1) sekä Valkeakoskella arvo 100 mS/m kaatopaikalta noin 500 metrin päässä olevassa kalliokaivossa. Viiden tämän tutkimuksen varsinaisen kohteen osalta korkea sähkönjohtavuus havaitaan vain Jäppilän lietealtaan läheisyydessä (kuva 9). Tosin useimmat sähkönjohtavuuden piste-kohtaiset keskiarvot olivat suurempia kuin Itä-Suomen harjupohjavesissä yleensä.

##### Alkaliteetti

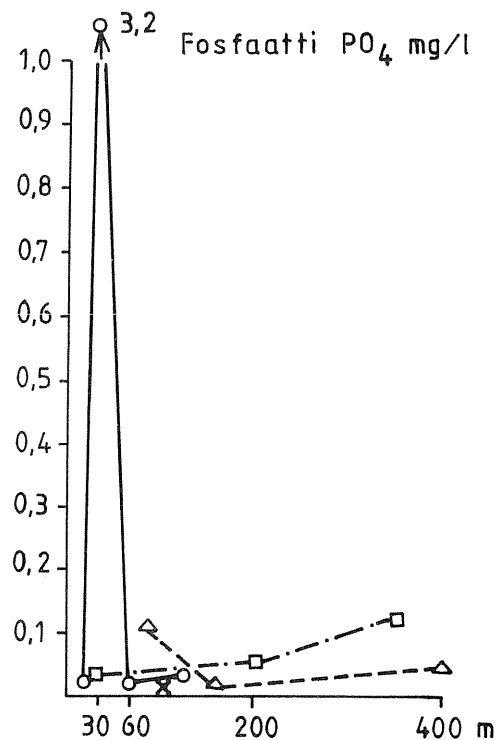
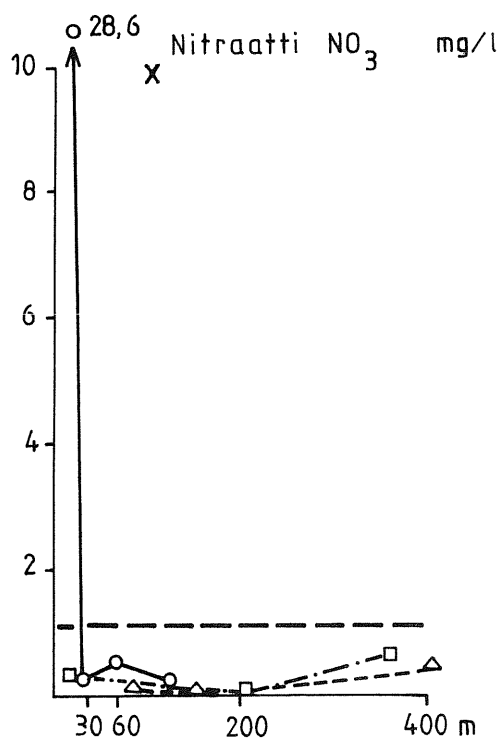
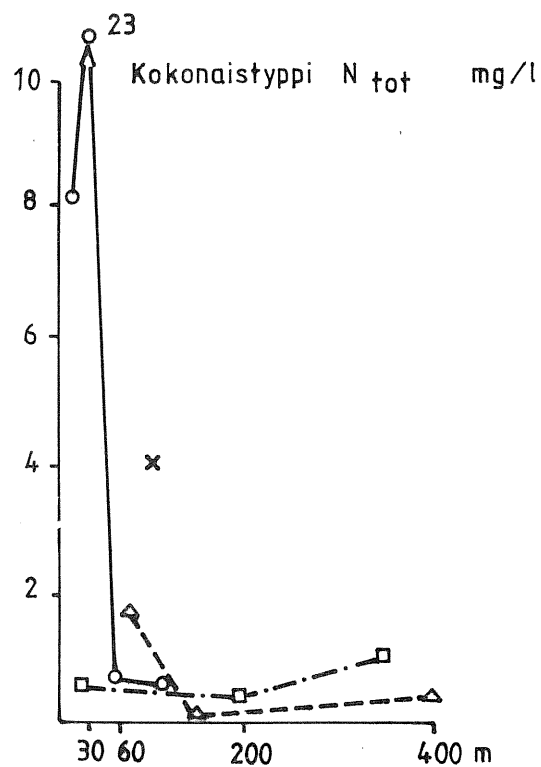
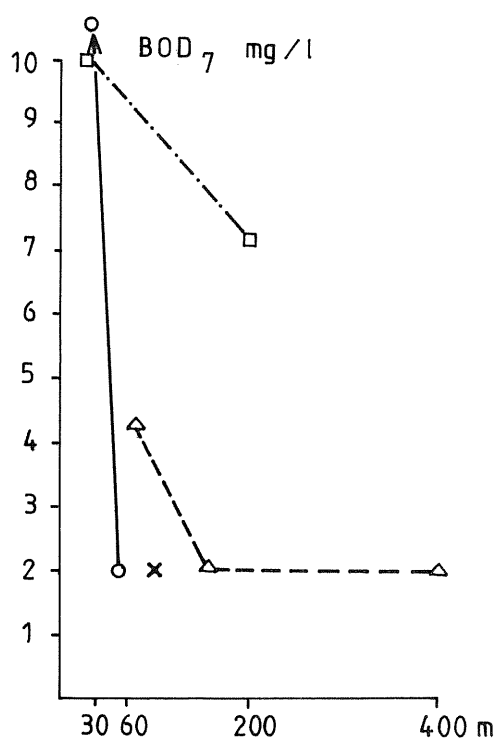
Kaatopaikkasuotovesien alkaliteetti oli keskimäärin 15 mmol/l. Jäppilän kaatopaikan lähiputkessa vastaava keskiarvo oli 3 mutta muualla alkaliteettiarvo on pohjaveden luonnollisten arvojen tuntumassa (kuva 9). Tuusulassa havaitaan edellä mainittuja huomattavasti korkeampia arvoja (vrt. 7.2).

##### Asiditeetti

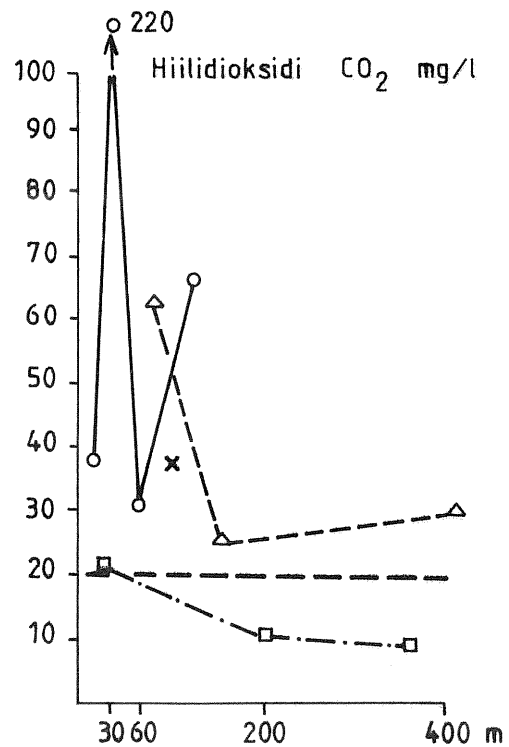
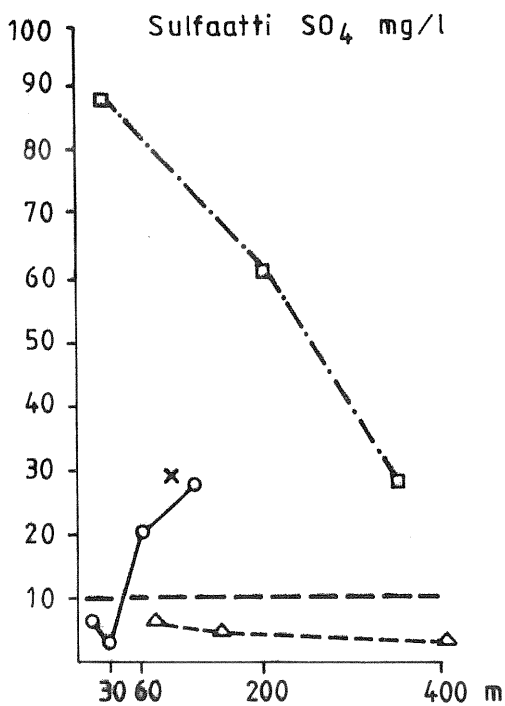
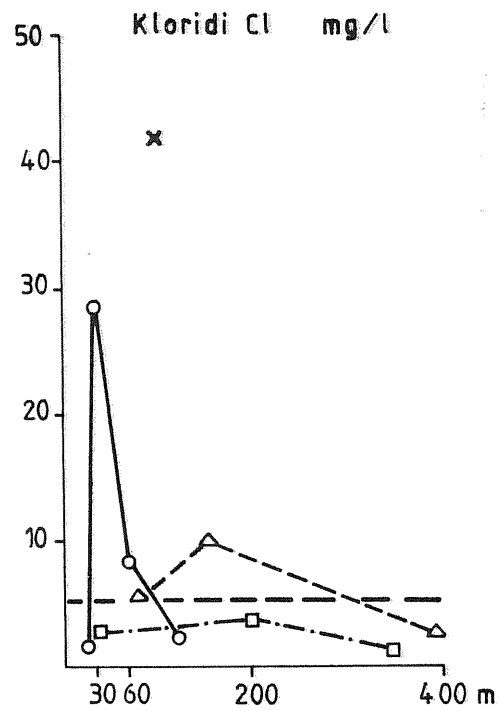
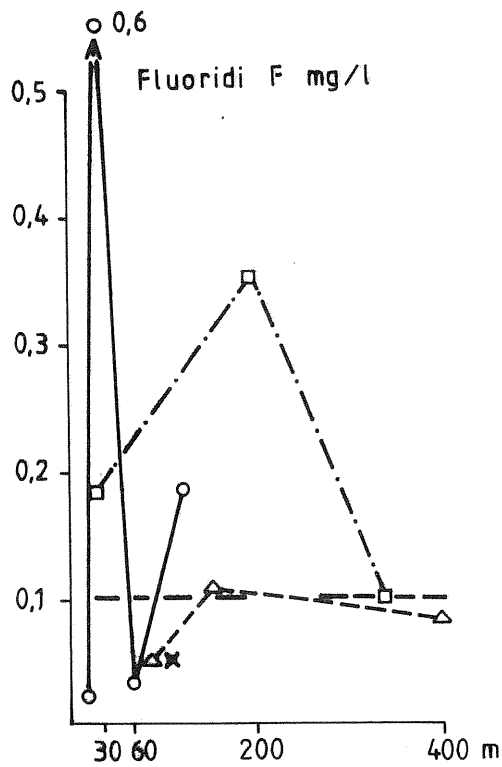
Kaatopaikkasuotovesien asiditeetin keskiarvo oli 3 mmol/l. Jäppilän lietelammikon lähellä (kuva 9) pohjaveden asiditeetin keskiarvoksi saatiin noin 4 mmol/l, mutta kaikissa muissa kohteissa arvot olivat pieniä. Pohjaveden luonnolliset tausta-arvot tunnetaan huonosti. Todennäköisesti ne ovat luokkaa <1 mmol/l.



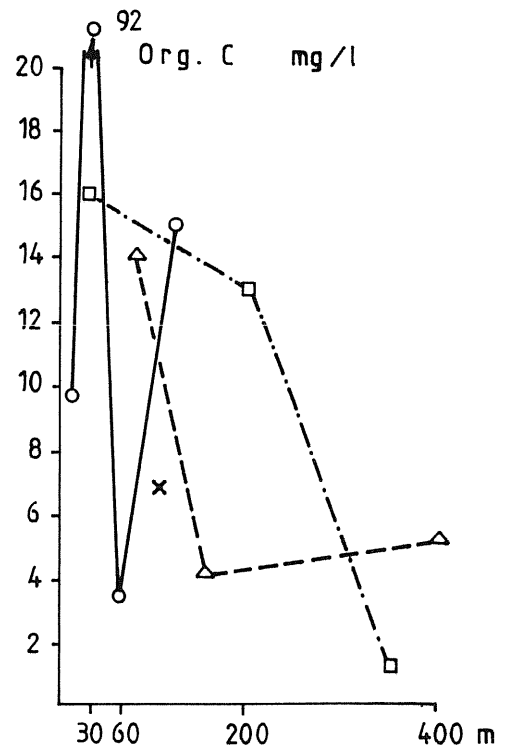
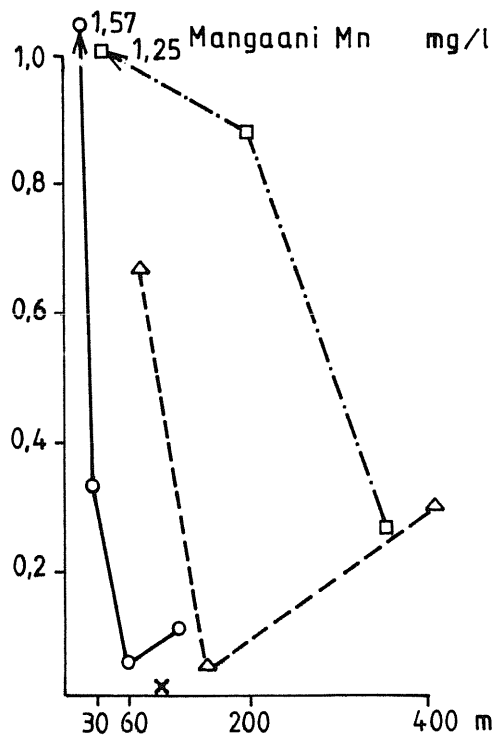
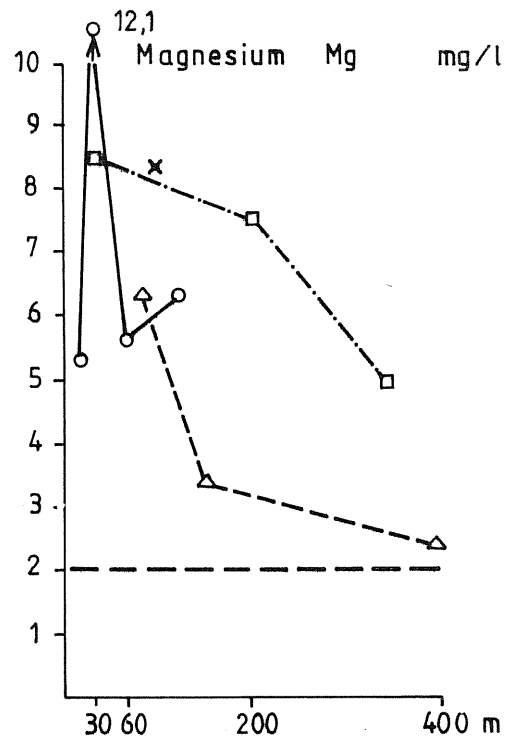
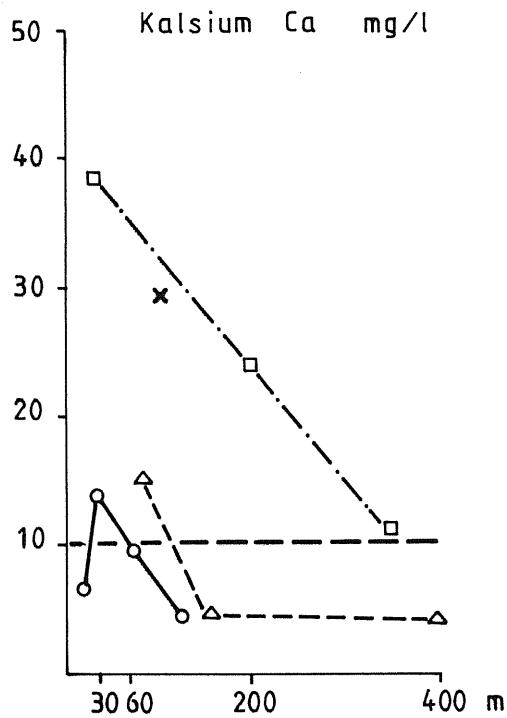
Kuva 9. Sähkönjohtavuuden, alkaliteetin, asiditeetin ja kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvot kaatopaikoilta eri etäisyydellä olevissa havaintopaikoissa.  $\square$  = Joroinen,  $\triangle$  = Joutsa,  $\circ$  = Jäppilä,  $\times$  = Kannonkoski. Katkoviiva = Itä-Suomen harjupohjavesien likimääräinen normaalitaso.



Kuva 10. Biokemiallisen hapenkulutuksen, kokonaistypen, nitraatin ja fosfaatin keskiarvot kaatopaikoilta eri etäisyydellä olevissa havaintopaikoissa. Merkkien selitykset kuten kuvassa 9.



Kuva 11. Fluoridin, kloridin, sulfaatin ja hiilidioksidin keskiarvot kaatopaikoilta eri etäisyydellä olevissa havaintopaikoissa. Merkkien selitykset kuten kuvassa 9.



Kuva 12. Kalsiumin, magnesiumin, mangaanin ja kokonaisorgaanisen hiilen keskiarvot kaatopaikoilta eri etäisyydellä olevissa havaintopaikoissa. Merkkien selitykset kuten kuvassa 9.

### Kemiallinen hapenkulutus

Kaatopaikkasuotovesissä kemiallinen hapenkulutus voi olla jopa tuhansia mg/l kertaluokan 100 - 200 mg/l ollessa vielä yleinen. Sekä Jäppilän että Joutsan kaatopaikkojen lähiputkien vedessä (kuva 9) kemiallinen hapenkulutus oli korkea ja yleensä se oli havaintopaikoissa luonnollisen (hyvälaatuisen) pohjaveden arvoja korkeampi. Tulkintaa vaikeuttaa se, että luonnollisessa pohjavedessä usein ilmenee kemiallista hapenkulutusta mm. humuksesta ja raudasta johtuen, mitä on vaikea erottaa jäteaineiden aiheuttamasta. Näytteen edustavuudella on tällöin suuri merkitys. Vaikeasti hajoavien yhdisteiden vuoksi tutkimuksissa tulisi käyttää dikromaattihapetusta.

### Biokemiallinen hapenkulutus

Kaatopaikkasuotovesissä biokemiallinen hapenkulutus vaihtelee laajoissa rajoissa (taulukko 1). Kuvan 10 mukaan kaatopaikkapohjavesissä voi lähialueella esiintyä korkeita arvoja kuten on laita Jäppilän lietelammikon lähellä ja Joroisissa. Pohjaveden biokemiallisen hapenkulutuksen tausta-arvoja ei tunneta. Luonnontilaisten mineraalimaiden pohjavesissä ne lienevät alle 2 mg/l.

### Kokonaistyyppi

Kaatopaikkasuotovesien keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus on 74 mg/l. Kaatopaikkapohjavedessä on maksimikeskiarvoksi saatu 23 mg/l; tässäkin tapauksessa Jäppilän lietelammikon läheisyydessä (kuva 10). Pohjaveden kokonaistyyppien luonnollisia tausta-arvoja ei tunneta.

### Ammonium

Kaatopaikkasuotovesien ammoniummäärät (ei kuvassa) ovat yleensä useita kymmeniä mg/l (taulukko 1). Liitteiden 1 - 5 mukaan kaatopaikkapohjavesien ammoniumpitoisuudet ovat sitävastoin yleensä pienet ja vesissä esiintyy useimmiten happea. Jäppilän lietelammikon äärellä (liite 3) on havaittu kuitenkin poikkeavan korkea ammoniumpitoisuus, keskimäärin 28 mg/l veden ollessa happiköyhää. Hyvälaatuisessa pohjavedessä ammoniumia ei tavallisesti ole, mutta pelkistävissä olosuhteissa määrät yli 0,5 mgNH<sub>4</sub>/l eivät ole harvinaisia. Pohjaveden ammoniumin tausta-arvoa ei siten voida yksiselitteisesti määrittää.

### Nitraatti

Kaatopaikkasuotovesien nitraattimäärä on keskimäärin 2,6 mg/l. Itä-Suomen pohjavesien nitraattipitoisuus on noin 1 - 2 mg litrassa, joten ryhmät eivät eroa toisistaan. Jäppilän lietelammikon äärellä samoin kuin Kannonkoskella (kuva 10) nitraattimäärät poikkeavat selvästi edellisistä. Molemmissa tapauksissa vedessä on tyydyttävästi (5 - 6 mg O<sub>2</sub>/l) happea mutta vähän ammoniumia. Nitraatti-ammonium



tasapaino on siten ilmeisesti hapetusolosuhteista riippuva, joka myös säätelee muutoksiin liittyvää bakteeritoimintaa (nitrifikaatio - denitrifikaatio).

#### Fosfaatti ja kokonaisfosfori

Kaatopaikkasuotovesissä fosfaatin keskiarvoksi on saatu noin 0,1 mg/l ja kokonaisfosforin 0,5 mg/l. Pohjaveden luonnollisia tausta-arvoja ei tunneta. Fosfaattia esiintyi runsaana ainoastaan Jäppilän lietealtaan äärellä (3,2 mg/l, kuva 10). Liitteiden 1 - 5 mukaan suurin kokonaisfosforimäärä 4,2 mg/l havaittiin Joutsan kaatopaikan lähiputkessa sekä 1 - 2,5 mg/l Jäppilän lietealtaan lähiputkissa. Fosfori ilmeisesti indikoikin juuri jätevesilietteen vaikutusta.

#### Fluoridi

Kaatopaikkasuotovesien keskimääräiseksi fluoridipitoisuudeksi on saatu 3,3 mg/l pohjaveden luonnollisen taustan ollessa Itä-Suomessa <0,1 mg/l. Siten kuvan 11 mukaan hieman tulkinnanvaraisia kohonneita fluoridipitoisuuksia esiintyy kaatopaikan ulkopuolisillakin alueilla. Jäppilän lietelammikon läheisyydessä poikkeama luonnontaukasta on jo selvä.

#### Kloridi

Kaatopaikkasuotovesissä esiintyy klorideja keskimäärin 170 mg/l. Itä-Suomen pohjavesien luonnollinen tausta on 5 - 10 mg/l. Kuvassa 11 esitetyn mukaisesti vain kahdessa havaintopisteessä kloridi selvästi indikoi kaatopaikka-vaikutusta, nekin kaatopaikan lähellä. Suotovesien laimeneminen vähentää nopeasti kloridipitoisuuksia kauemmas siirryttäessä. Tuusulan vertailualueella (liite 6) kuormitus on jo niin suuri, että kloridien esiintyminen kauempanakin on helppo todeta.

#### Sulfaatti

Kaatopaikkojen suotovesissä sulfaatteja (kuva 11) esiintyi keskimäärin 110 mg/l. Itä-Suomen alueella luonnollinen pohjavesien tausta-arvo on luokkaa 5 - 10 mg/l. Lukuunottamatta Joutsan kaatopaikkaa kaatopaikkapohjavesien sulfaattiarvot yleensä poikkesivatkin em. taustasta. Jäppilän lietealtaan alueella sulfaattipitoisuus kasvoi etäisyyden myötä lietealtaan vierustan matalista lähtöarvoista. Mahdollisesti ilmiö selittyy muutoksesta pelkistävästä hapettaviin olosuhteisiin ja tämän myötä pelkistyneiden rikkiyhdisteiden muuttumisesta hapettuneeseen muotoon.

Valkeakosken kaatopaikan kaukokulkeutumat osoittavat sulfaatin varsin merkittäväksi kaatopaikkavaikutusindikaattoriksi silloin kun jäte sisältää sulfaattia tai rikkin pelkistyneempiä muotoja.

### Vapaa hiilidioksidi

Kaatopaikkasuotovesissä vapaan hiilidioksisin keskiarvo oli 270 mg/l. Pohjavesien tausta-arvo Itä-Suomessa on noin 20 mg/l. Kaatopaikkapohjavesissä havaitaan Joutsaa lukuunottamatta (Joutsan kaatopaikka ei enää käytössä) korkeahkoja pitoisuuksia. Maksimiarvo esiintyy Jäppilän lietealtaan lähellä (kuva 11).

### Kalsium

Kaatopaikkasuotovesien kalsiumin keskiarvo oli noin 67 mg/l ja luonnonpohjaveden kalsiumpitoisuus on noin seitsemäsosa, eli 10 mg/l. Tämä arvo ylittyy Joroisten ja Kannonkosken kaatopaikoilla (kuva 12) mutta erityisesti Valkeakosken vertailualueella (vrt.7.2).

### Magnesium

Kaatopaikkojen suotovesien magnesiumpitoisuus oli keskimäärin noin 42 mg/l ja Itä-Suomen pohjaveden luonnollinen tausta-arvo on noin 2 - 3 mg/l. Magnesium ilmeisesti osoittaaakin kaikissa kohteissa kaatopaikan vaikutusta. Maksimi esiintyy jälleen Jäppilän lietealtaan läheisyydessä (kuva 12).

### Mangaani

Kaatopaikkojen suotovesissä on havaittu yleisesti 3 - 4 mg/l olevia mangaanimääriä. Tutkimuksessa olleissa kaatopaikkakohteissa havaittiin yli 1 mg/l olevia pitoisuuksia (kuva 12) jotka melkoisella varmuudella indikoivat kaatopaikkavesien aiheuttamia pelkistäviä olosuhteita. Ilmiöstä antaa parhaan kuvan Tuusulan kaatopaikka-alueen putkesta Poh 1 analysoidut, jatkuvasti luokkaa 3 mg/l olevat mangaanipitoisuudet (liite 6/1).

### Kokonaisorgaaninen hiili

Kaatopaikkasuotovesissä kokonaisorgaanisen hiilen keskiarvo oli noin 380 mg/l. Pohjavesien luonnollista taustaa ei tunneta, mutta normaalisti se tuskin ylittää määrää 5 mg/l. Havaintojen kohteena olleilla kaatopaikoilla suurin havaittu keskiarvo oli 92 mg/l (Jäppilä). Suurehkoja pitoisuuksia esiintyy myös useassa muussa kohteessa (kuva 12). Tuusulan kaatopaikkatutkimuksen mukaan (Salkinoja-Salonen ym. 1986) yli 10 mg/l olevia määriä havaittiin putkissa Poh 5 (22 mg/l), Poh 14 (13 mg/l) ja P 2 (11 mg/l). Sitävastoin putkessa Poh 4, jonka vedessä kaatopaikan vaikutukset selvästi näkyvät, suurin havaittu kokonaisorgaanisen hiilen määrä oli 5,7 mg/l.

### Raskasmetallit ja syanidi

Pitoisuudet olivat suurimmaksi osaksi alle määrittämissä rajojen.

Mitatut arvot osoittavat huomattavaa vuodenaikaisvaihtelua, minkä vuoksi jotkut korkeahkoja raskasmetallimääriä osoittavat arvot ovat tämän tutkimuksen aineistossa satunnaisia löydöksiä.

Taulukossa 14 on esitetty sekä kaatopaikkojen suotovesien havaittuja maksimikeskiarvoja että kaatopaikkapohjavesissä havaittuja maksimi-arvoja.

Taulukosta havaitaan, että pohjavesien maksimi raskasmetalli- ja syanidipitoisuudet ovat suotovesien keskiarvoja suuremmat. Korkeat pitoisuudet on muutamaa poikkeusta lukuunottamatta havaittu kaatopaikkojen lähiputkissa. Vaikka havainnot eivät olekaan laskentatavasta johtuen vertailukelpoisia, voidaan kuitenkin varauksin tehdä johtopäätös, että suotovesien raskasmetallit ja syanidi heijastuvat selvinä pohjavedessä päinvastoin kuin monet muut "mietoina" kuvastuvat ainekonsentraatiot. Raskasmetallien lähteenä voi osittain olla myös kaatopaikan alla oleva maaperä, johon ainakin paikallisesti valuu happamia suotovesiä voidaan aiheuttaa metallien liukenemisen. Tämän tutkimuksen aikana havaittujen pH-arvojen ja raskasmetallikonsentraatioiden korrelaatiosta ei voida vielä tehdä varmoja päätelmiä. Esimerkiksi pääosa arseenin maksimihavainnoista sijoittuu pH-alueelle 6 - 7; yksittäinen korkein arvo 0,53 mg As/l sijoittuu pH-arvolle 6,2, seuraavat kaksi korkeinta pH-arvolle 7. Sinkin suhteen tilanne on samansuuntainen.

Pienen viitteen pH:n vaikutuksesta kuitenkin antaa putken P 4 havainnot Jäppilässä: pH arvon ollessa 4,8 oli sinkkiä 0,7 mg/l ja arseenia 0,01 mg/l.

Syanidin osalta arvioita vaikeuttaa tausta-arvojen puuttuminen. Niinpä esimerkiksi Joutsassa putkessa P 4 havaitut syanidipitoisuudet voivat edustaa luonnontilaisia arvoja, koska havaintopaikka ilmeisesti on kaatopaikkavaikutuksen ulkopuolella.

Elohopeasta on havaintoja vain Tuusulasta. Satunnaisesti on esiintynyt pitoisuuksia 0,1 - 0,3 ug/l (liite 6/6).

#### Bakteerit

Havaintoja tarkastellaan eri tyyppisten kaatopaikkojen yhteydessä seuraavassa luvussa.

TAULUKKO 14 Kaatopaikkojen suoto- ja pohjavesien suurimmat raskasmetalli- ja syanidipitoisuudet (mg/l)

Määrittäminen	suotovesi*/kohteet		pohjavesi**/kohteet	
As	0,040	Turku P 2	0,53	Jäppilä P 1
	0,026	Lempäälä P 2	0,015	Kannonkoski P 2
Cd	0,0017	Turku P 1	0,03	Kannonkoski P 2
	0,0013	Lempäälä P 2	0,001	Jäppilä P 1, Joroinen P1,P401
Cr	0,046	Turku P 1	0,53	Jäppilä P 1
	0,039	Turku P 2	0,22	Kannonkoski P 2
Cu	0,030	Turku P 1	1,0	Jäppilä P 1
	0,017	Turku P 2	0,36	Kannonkoski P 2
Ni	0,140	Lempäälä P 2	0,61	Jäppilä P 1
	0,073	L-ranta,oja	0,12	Joroinen P 2
Pb	0,113	Turku P 1	0,13	Jäppilä P 1
	0,036	Lempäälä 2	0,05	Kannonkoski P 2
Zn	0,480	Kouvola,oja	0,8	Kontiolahti,kaivo
	0,400	Turku P 1	0,7	Joroinen P 43
CN <sup>-</sup>	0,148	Kuopio,oja	0,781	Jäppilä P 1
	0,075	Turku P 3	0,21	Joutsa P 1

\* keskiarvo

\*\* kertamäärittäminen

# 8.13 Erityyppisten kaatopaikkojen tarkastelu

## 8.131 Asumajätevesilietteen kaatopaikka

Tutkimusaineiston ainoa, mutta ilmeisesti edustava asumajätevesilietteen kaatopaikka (Jäppilä) antaa kuvan pohjaveen joutuvasta varsin monipuolisesta ainemäärästä. Ilmeisesti putki P 1:stä otetut näytteet edustavat vielä suhteellisen vähän laimentuneita suotovesiä. Tunnusomaisia lietekaatopaikkapohjavedelle aineiston mukaan ovat osittain korkeina havaittavat sähkönjohtavuus, alkaliteetti, asidi-teetti,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{PO}_4$ , F, Cl,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, Mn-muodostus, As, Cd(?), Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, CN sekä kokonaisorgaaninen hiili (taulukko 8).

Vertailu lähipisteiden P 1 ja P 3, jotka ovat lähes samalla etäisyydellä kaatopaikasta, välillä osoittaa, että jälkimäisessä vaikutukset myös näkyvät, mutta heikompina ja suppeamman aineryhmän osalta. P 1:n korkea ammonium- ja pieni nitraattimäärä kuvastuu pisteessä P 3 päinvastaisena. Mangaanin esiintyminen painottuu jälkimmäiseen.(!)

Sulfaattipitoisuudet kasvavat kaatopaikalta kauemmaksi siirryttäessä, mikä havaitaan muiden indikaattoreiden ohella erityisesti putkessa P 4.

Kolimuotoiset ja fekaaliset kolimuotoiset bakteerit, samoin kuin fekaaliset streptokokit puuttuvat kaikista putkista lähes totaalisesti. Kokonaisbakteeriluvut ovat ajoittain suuret.

## 8.132 Yhdyskuntajätteen kaatopaikat

Joroisten, Joutsan, Kannonkosken ja Kontiolahden kaatopaikoilla valtaosa jätteestä on tavanomaista yhdyskuntajätettä.

Kaatopaikkojen lähipisteissä veden laatuparametrien lukuarvot ovat yleisesti suurimmat seuraavien osalta: sähkönjohtavuus,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, Mn-muodostus ja kokonaisorgaaninen hiili. Raskasmetallikuormitusta on erityisesti Kannonkosken kaatopaikalla, jossa pohjavesivaraston pienuudesta johtuen laimentuminen on voinut olla muita paikkoja vähäisempää. Sulfaattia esiintyy merkittäviä määriä Joroisten ja Kannonkosken kaatopaikoilla.

Kaukokulkeutuminen (>200 m) on aineiston perusteella vaikeasti arvioitavissa. Tätä osoittaa Joroisten kaatopaikalla ainakin sähkönjohtavuus,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ , F,  $\text{SO}_4$ , Ca, Mg, Mn-muodostus, kokonaisorgaaninen hiili sekä jotkut raskasmetallikonsentraatiot. Joutsan kaukokulkeutumishavainnot ovat tulkinnanvaraisia. Uloimpana olevassa pisteessä P 4  $\text{CO}_2$ , CN<sup>-</sup> ja orgaaninen hiili antavat korkeintaan viitteellisiä havaintoja. Kannonkosken lähteessä on vastaavia tunnusmerkkejä ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{CO}_2$ , Mn-muodostus)

jotka - maaperän ollessa kaatopaikan ulkopuolella jo hienorakeista - voivat olla myös heijastuksia poikkeuksellisista pelkistävästä luonnonolosuhteista ja muusta kuorimituksesta. Kontiolahdella lähinnä lähteessä 2 on poikkeavuutta luonnolliseen harjupohjaveteen nähden (mm. COD<sub>Mn</sub>, P<sub>tot</sub>), mutta kaatopaikan vaikutus jää epävarmaksi.

Lukuunottamatta Kontiolahden lähde-näytteenottopisteitä, joita ei voida pitää bakteriologisesti edustavina koliformisten ja fekaalisten koliformisten bakteerien sekä fekaalisten streptokokkien löydökset ovat satunnaisia. Joroissa ne suurelta osin ajoittuvat tietyille näytteenottopäivälle (7.10.1985), minä ajankohtana myös Joutsan huomattavin kolimuotoisten bakteerien havainto on. Kokonaisbakteerimäärät, ajoittain kymmenien, jopa satojen tuhansien luokkaa, esiintyivät säännönmukaisimmin Joutsan kohteessa putkessa P 1, Kannonkosken kohteessa putkessa P 2 sekä kaikissa Joroisten kohteen putkissa. Ottaen huomioon muut indikaattorit, suuria kokonaisbakteerilukuja voidaan tietyin varauksin pitää merkkeinä kaatopaikkavaikutuksista. Kuten aikaisemmin on todettu, pohjavesien luonnollisia tausta-arvoja ei kuitenkaan tunneta.

#### 8.133 Teollisuusjätteet

Eri tahoilla maata on saatu viitteitä teollisuusjätteiden aineosien kaukokulkeutumisesta pohjavesissä. Edellä esitetyssä aineistossa lähinnä vertailualueiden havainnot (Valkeakosken Ca, SO<sub>4</sub> ja mm. Tuusulan trikloorietyleeni-havainnot sekä myös Joroisten SO<sub>4</sub>) indikoivat tätä. Niinikään on tutkimuksen alla olevia havaintoja merkittävistä kaukokulkeumista pitkittäisharjuolosuhteissa. Ylöjärven harjussa maaperään päässyt tris-2-kloorietylifosfaatti, joka on komponenttina polyuretaanin valmistukseen käytettävässä polyolissa, on ollut yli 10 ug/l konsentraationa havaittavissa noin yhden kilometrin etäisyydellä. Harjavallan harjualueella on havaittu samoin kilometrin luokkaa olevia raskasmetallikulkeumia.

#### 9 PÄÄTELMIÄ, SUOSITUKSIA

Tutkimuksen kohteena olleiden kaatopaikkojen havainnot osoittavat, että tavanmukaista analytiikkaa tutkimuksissa käyttäen vedet näyttävät muutamien satojen metrien päässä kaatopaikoilta yleensä jo haitattomilta ja kaatopaikan vaikutuksia voi jo olla jopa vaikea todeta. Huolimatta pohjavesivyöhykkeessä jatkuvasti tapahtuvasta laimenemisesta kaatopaikalta lienneet aineet osittain kulkeutuvat eteenpäin hydraulisten olosuhteiden mukaisesti kaiken todennäköisyyden mukaan jopa kilometrimäärin. Haitta on siten ainakin esteettinen, minkä vuoksi ei ole lainkaan suositeltavaa perustaa vedenottamoita kaatopaikan alapuoliseen virtausvyöhykkeeseen.

Kaatopaikkavaikutuksia on niiden moninaisten esiintymismuotojen ja taustavaihteluiden vuoksi tutkittava tulkiten havaintoja riittävän suurina kokonaisuuksina ja kiinnittäen huomiota havaintopaikkojen edustavuuteen. Käsillä olevan tutkimuksen kaikki havaintopaikat eivät ole täyttäneet edustavuusvaatimusta. Havaintoalueiden laajuus on kohteina olleiden muodostumien mittasuhteisiin verrattuna ollut yleensä vaatimaton.

Pohjavedelle ominaisia luonnollisia tausta-arvoja tulisi selvittää. Tällaisia puuttuu harjupohjavesien osalta mm: kokonaisorgaaninen hiili, raskasmetallit, syanidi, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, fosfaatti, asiditeetti ja alumiini. Orgaaniset yhdisteet ovat oma lähes tutkimaton kokonaisuutensa, samoin bakteeri- ja virustutkimus pitäisi luoda aikaisempaa syvällisemmäksi.

Likaantumisvaikutuksia epäiltäessä tulisi pyrkiä pohjaveden luonnollisesta koostumuksesta poikkeavien aineiden analysointiin suunnaten analytiikkaa mahdollisen kohdetiedon perusteella.

## YHTEENVETO

Vesihallinnossa aloitettiin vuonna 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutusta pohjaveteen. Yhtenä tutkimuskohteena olivat hiekka- ja sora-alueilla (harjumuodostumissa) sijaitsevat kaatopaikat (5 kpl). Näiden alueilla tutkittiin kaatopaikkasuotovesien pohjavedelle aiheuttamia muutoksia ja suotovedessä olevien aineiden kulkeutumista erilaisissa hydrogeologisissa olosuhteissa.

Tutkimuksissa havaittiin kaatopaikkojen välitön ympäristö voimakkaasti kontaminoituneeksi. Asumajätevesiliikenteen kaatopaikalla tätä ilmensivät luonnollisesta pohjavedestä poikkeavat, osittain korkeina havaittavat arvot: sähkönjohtavuus, alkaliteetti, asiditeetti,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ , Ni, Pb, Zn, CN sekä kokonaisorgaaninen hiili. Tavanmukaisilla yhdyskuntajätteen kaatopaikkojen lähialueilla selvimmän erottuivat sähkönjohtavuus,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, Mn-muodostus ja kokonaisorgaaninen hiili. Paikoin oli ajoittain runsasta raskasmetallikuormitusta.

Kaukokulkeutumista (>200 m) osoittivat parametrit: sähkönjohtavuus,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, Mn-muodostus ja kokonaisorgaaninen hiili.

Mikrobit kuvaavat huonosti kaatopaikkavaikutuksia.

Vertailualueilta (2 kpl) samoinkuin muista tunnetuista teollisuusjätekuormituksen aiheuttamista kontaminaatioista voidaan lisäksi havaita, että haitallisten yhdisteiden havaittavat kulkeutumismatkat ovat kilometriluokkaa. Todellisuudessa kontaminaatioiden vaikutukset voivat olla yhtä suuret kuin muodostumien hydrauliset ulottuvuudet, mutta pohjavesivaraston aiheuttama voimakas laimentuminen peittää ilmenemisen.

Kaatopaikkojen aiheuttamia haittavaikutuksia on tutkittava kokonaisuuksina kiinnittäen huomiota havaintopaikkojen edustavuuteen.

Luonnollisen pohjaveden monien perusparametrien taustatarvoja ei tunneta, minkä vuoksi niiden tutkimiseen tulisi kiinnittää huomiota. Niinikään tutkimuksissa tulisi kiinnittää huomiota pohjaveden luonnollisista aineosista poikkeavien aineiden analytiikkaan.



## SAMMANDRAG

I vattenförvaltningen påbörjades år 1983 en undersökning, vars mål var att utreda olika mänskliga aktiviteters inverkan på grundvattnet. Ett undersökningsobjekt var avstjälnings-platser (5 st) i sand- och grusområden (på åsar). På avstjälningsplatserna undersöktes de förändringar som läckvattnet från dem orsakade i grundvattnet och transporten av ämnen i läckvattnet i olika hydrogeologiska förhållanden.

I undersökningen upptäcktes att avstjälningsplatsernas omedelbara omgivning var kraftigt kontaminerad. I en avstjälningsplats för slam av hushållsavloppsvatten framträdde detta som höga, från naturligt grundvatten avvikande värden: elektrisk ledningsförmåga, alkalinitet, aciditet, COD<sub>Mn</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N<sub>tot</sub>, P<sub>tot</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F, Cl, CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, bildning av Mn, As, Cd(?), Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, CN samt totalorganiskt kol. I närområden kring vanliga avstjälningsplatser för hushållsavfall framträdde tydligast elektrisk ledningsförmåga, COD<sub>Mn</sub>, N<sub>tot</sub>, P<sub>tot</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, bildning av Mn och totalorganiskt kol. Ställvis förekom tidvis riklig belastning av tungmetaller.

Fjärrtransport (200 m) påvisades av parametrarna: elektrisk ledningsförmåga, COD<sub>Mn</sub>, N<sub>tot</sub>, P<sub>tot</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, bildning av Mn och totalorganiskt kol.

Mikrober beskriver dåligt avstjälningsplatsernas inverkan.

Från kontrollområdena (2 st) ävensom från andra kända av industriavfall orsakade kontaminationer, kan dessutom observeras, att de sträckor, som de skadliga föreningarna kan observeras bli transporterade, mäts i kilometer. I verkligheten kan kontaminationernas effekter vara lika stora som bildningarnas hydrologiska räckvidd, men den kraftiga utspädningen i grundvattnet döljer fenomenet.

De skadliga verkningar som avstjälningsplatserna orsakar skall undersökas som helheter och uppmärksamhet fästas vid att observationsplatserna är representativa.

Bakgrundsvärdena hos de naturliga grundvattnets många parametrar är inte kända, varför uppmärksamhet borde fästas vid undersökningen av dem. Genom forskning borde uppmärksamhet också fästas vid analytiken av de ämnen, som avviker från grundvattnets naturliga ämnen.

## SUMMARY

The National Board of Waters and Environment started an investigation in 1983 in order to throw light on the influence of human activity to the groundwater. The part of the area investigated were sites of landfill (5 pc) situated on sand-gravel formations. Changes in groundwater caused by seepage water of the landfills and transport of contaminated groundwater in various hydrogeological circumstances were investigated.

It was observed that the immediate surroundings of the landfills groundwater was heavily contaminated. In an area of the contamination was indicated by: electrical conductivity, alkalinity, acidity,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{PO}_4$ , F, Cl,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, development of diluted Mn-compounds, As, Cd (?), Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, CN as well as total organic carbon. In landfills containing waste of urban areas indications of contamination was observed by: electrical conductivity,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, development of the soluble Mn-compounds as well as total organic carbon. The concentrations of heavy metals were occasionally higher than the ones in natural groundwater.

The long distance transport (>200 m) was indicated by following parameters: electrical conductivity,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , Ca, Mg, development of soluble Mn-compounds and total organic carbon.

The microbes are not very reliable indicators on the landfills.

In comparison areas (2) as well as contaminations caused by industrial wastes in some other areas the conclusion can be drawn that the distance of the waste transportations can be stated hydrogeological circumstances reach over one kilometer. In fact, the transport distances actually can be as long as the dimensions of hydraulically uniform aquifer. The dilution effect caused by groundwater makes, however, the observations of the contamination difficult.

The impact to the groundwater caused by landfills must be interpreted as a whole. The representativeness of observation points is also of great importance.

The background of many natural quality parameter in groundwater is not known. That is why they must be investigated. Somehow the analytical investigations must be directed to the parameters, which can indicate pollution without being the natural parameter of groundwater.

## REFEROITUA KIRJALLISUUTTA

- Ettala, M. 1984 a. Kaatopaikan kunnostus. Kunnallistekniikka vol. 39 nro 5 s. 50 - 54.
- Ettala, M. 1984 b. Luennot kaatopaikoista Kuopion yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen 1984 - 1985 järjestämällä jätehuollon täydennyskoulutuskursilla. Luentomoniste.
- Ettala, M. 1987. Influence of irrigation with leachate on biomass production and evapotranspiration on a sanitary landfill. Aqua Fennica. Vol. 17 nro 1 s. 69 - 86.
- Loikkanen, S. 1984. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveen. Välikirjoitus I. Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitos, 22 s. Moniste.
- Melanen, M. & Assmuth, T. 1986. Riskikaatopaikkatutkimuksen suunnitelma. Vesihallituksen monistesarja 378.
- Miettinen, S. 1985. Kaatopaikkakaasujen ja suotovesien haittavaikutuksista. Kuopion yliopiston täydennyskoulutuskeskuksen jätehuoltokurssin 1984-1985 kirjallisuustyöt, 19 s. Moniste.
- Mälkki, E. 1972. Vesigeologia. Julk.: Rakennusgeologia II. Espoo, Otakustantamo. Otakustantamo 304.
- Pärjälä, E., Sihvonen, K., Kalliokoski, P., Heinonen-Tanski, H. & Etula, A. 1986. Kaatopaikoilta liukevat haitalliset yhdisteet ja niiden vaikutus pohjavesiin. Kuopion yliopisto, Työ- ja teollisuushygienian laitos, 108 s. Moniste.
- Pärjälä, E. & Kalliokoski, P. 1987. Kaatopaikoilta pohjaveen liukevat orgaaniset yhdisteet. Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitos. Julkaisuluonnos.
- Salkinoja-Salonen, M., Marmo, S., Kitunen, V. & Boeck, R. 1986. Terrisuon kaatopaikan vaikutukset Jäniksenlinnan vedenottamon alueen pohjavesiin. Lausunto.
- Seppänen, A., Assmuth, T., Jääskeläinen, K. & Cajander, V.R. 1982. Suokaatopaikat, esiselvitys. Sisäasiainministeriön ympäristönsuojeluosaston julkaisu A : 18. 169 s.
- Suomela, T. 1984. Kaatopaikkojen vesiensuojelutilanne 1984. Vesihallituksen monistesarja 287.

## Muut lähteet

Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin valvonta- ym. aineistoa  
(Tuusula)

Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin valvonta-aineistoa  
(Valkeakoski)

# VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 1

## Näytteenottopaikka

Joroisten Kotkatharjun kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85.

	P 1	P 2	P 3	P 43	P 401
Näytteenottopisteen no.....	6	2	2	6	6
Näytteenottokerrat .....	noudin	75	noudin	5	noudin
Virtaama... l/min .....	6-7	7-8	8-9	7-9	12-13
Näytteenotto syvyys m.....					
Lämpötila..... °C	4,9	5,7	5,1	14,2	5,1
Kiintoaine..... mg/l	420	14	48	73	120
Sameus..... FTU	400	-	-	37	83
Haihdutusjäännös..... mg/l	780 <sup>1)</sup>	-	-	160 <sup>1)</sup>	360 <sup>1)</sup>
Hekutusjäännös..... mg/l	650 <sup>1)</sup>	-	-	110 <sup>1)</sup>	280 <sup>1)</sup>
Väriluku..... (Pt) mg/l	150 <sup>1)</sup>	-	-	110 <sup>1)</sup>	32,5
Haju (yksittäishavaintoja)	jätev.?	hajuton	lievä	hajuton	öljy
Maku.....					
pH-luku.....	7,0	6,8	7,5	7,0	7,2
Sähkönjohtavuus..... √25... mS/m	28,8	27,8	24,6	12,2	23,2
Alkaliniteetti..... mmol/l	1,05	-	-	0,73	0,61
Asiditeetti..... mmol/l	0,22	0,18	0,09	0,15	0,19
Happi..... (O <sub>2</sub> ) mg/l	0,2	3,5	0	3,2	0,2
Happi..... (O <sub>2</sub> ) kyll. %	1,5	28	0	32	2
COD <sub>Mn</sub> ..... mg/l	38	1,4	15	4,8	14
COD <sub>Cr</sub> ..... mg/l					
BOD <sub>7</sub> ..... mg/l	10	-	-	-	7,1 <sup>1)</sup>
Ammonium..... (NH <sub>4</sub> )... mg/l	0,05	0,01	0,02	1,1	0,1
Nitriitti..... (NO <sub>2</sub> )... mg/l	0,023	0,005	0,02	0,01	0,02
Nitraatti..... (NO <sub>3</sub> )... mg/l	0,20	0,35	0,05	0,69	0,07
Kokonaistyyppi... (N <sub>tot</sub> )... mg/l	0,6	0,2	1,0	1,0	0,22
Fosfaatti..... (PO <sub>4</sub> )... mg/l	0,026	-	-	0,12	0,048
Kokonaistfosfori... (P <sub>tot</sub> )... mg/l	0,06	0,005	0,04	0,07	0,086
Fluoridi..... (F)..... mg/l	0,18	0,08	0,07	0,10	0,35
Kloridi..... (Cl)..... mg/l	2,3	1,4	2,0	1,1	3,9
Sulfaatti..... (SO <sub>4</sub> )... mg/l	88	90	42	28	61
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )... mg/l	21	12	8,2	9,2	10
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> )... mg/l					
Kokonaiskovuus..... mmol/l	1,31	1,21 <sup>1)</sup>	1,19 <sup>1)</sup>	0,47	0,93
Kalsium..... (Ca)..... mg/l	38,5 <sup>1)</sup>	34,5 <sup>1)</sup>	32,1 <sup>1)</sup>	11,2 <sup>1)</sup>	24,4 <sup>1)</sup>
Magnesium..... (Mg)..... mg/l	8,5 <sup>1)</sup>	8,5 <sup>1)</sup>	9,5 <sup>1)</sup>	4,9 <sup>1)</sup>	7,5 <sup>1)</sup>
Rauta..... (Fe)..... mg/l	2,2	0,1	0,7	0,8	0,5
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe)mg/l					
Mangaani..... (Mn)..... mg/l	1,35	0,05	0,4	0,26	0,88
Sulfidi..... (S)..... mg/l					

1) kertamääritys

# VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 2

## Näytteenottopaikka

Joutsan Kärkykankaan kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-86.

Näytteenottopisteen no. ....	P 1	P 2	P 3	P 4		
Näytteenottokerrat .....	7	7	7	7		
Virtaama... l/min .....	otin	400	380	275		
Näytteenottoisyvyys m .....	3-5	4-7	3-5	4-6		
Lämpötila .....	5,6	5,2	6,6	6,7		
Kiintoaine .....	6300	0,8	3,0	2,1		
Sameus .....	360	0,6	2,0	2,55		
Haihdutusjäännös .....	9900 1)	44 1)	26 1)	51 1)		
Hehkutusjäännös .....	9800 1)	0 1)	0 1)	0 1)		
Väriluku .....	60	0	12,5	7,5		
Haju (yksittäishavainnot) voim/ölj	lievä/ei vety	riikki	hajuton			
Maku .....						
pH-luku .....	5,9	5,8	6,2	6,1		
Sähkönjohtavuus .....	6,4	6,9	5,2	8,4		
Alkaliniteetti .....	0,17	0,12	0,28	0,30		
Asiditeetti .....	1,13	0,45	0,50	0,50		
Happi .....	0,4	5,7	4,1	4,9		
Happi .....	4	45	33	40		
COD <sub>Mn</sub> .....	250	1,1	7,6	1,3		
COD <sub>Cr</sub> .....	73 1)	-	-	-		
BOD <sub>7</sub> .....	4,3	< 4,2	< 2 1)	< 2 1)		
Ammonium .....	0,06	0,01	0,07	< 0,01		
Nitriitti .....	0,008	0,003	0,004	0,003		
Nitraatti .....	0,14	0,05	0,59	1,6		
Kokonaistyyppi .....	1,7	< 0,1	0,24	0,4		
Fosfaatti .....	0,110	0,022	0,054	0,0235		
Kokonaisfosfori .....	4,2	0,006	0,022	0,006		
Fluoridi .....	0,05	0,11	0,085	0,05		
Kloridi .....	5,4	10,2	2,5	6,6		
Sulfaatti .....	6,0	4,9	3,7	7,2		
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> ) .....	62	25	30	26,5		
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> ) .....						
Kokonaiskovuus .....	0,64	0,23	0,17	0,17		
Kalsium .....	15,2 1)	4,8 1)	4,4 1)	6,0 1)		
Magnesium .....	6,3 1)	3,4 1)	2,4 1)	1,5 1)		
Rauta .....	4,8	0,17	2,3	0,1		
Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani .....	0,67	0,05	0,25	0,02		
Sulfidi .....						

1) kertamääritys

# VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 3

## Näytteenottopaikka

Jäppilän Hiidenlammen jätevesien imeytyslammikko-  
alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten  
määritysten keskiarvot 1984-85.

Näytteenottopisteen no.....	P 3	P 1	P 2	P 4		
Näytteenottokerrat.....	6	6	6	6		
Virtaama... l/min.....	60	200	400	80		
Näytteenotto-syvyys m.....	2-5	2-5	2-5	3-8		
Lämpötila.....°C	5,4	6,7	6,2	4,4		
Kiintoaine.....mg/l	1400	10,7	0,4	1,9		
Sameus.....FTU	354	33	2 <sup>1)</sup>	4,7		
Haihdutusjäännös.....mg/l	12 <sup>1)</sup>	300 <sup>1)</sup>	-	81 <sup>1)</sup>		
Hekutusjäännös.....mg/l	0 <sup>1)</sup>	220 <sup>1)</sup>	-	74 <sup>1)</sup>		
Väriluku.....(Pt)mg/l	85	205	20	25 <sup>1)</sup>		
Haju (kertahavainto).....	lievä	jätev.	rikkiv.	rikkiv.		
Maku.....						
pH-luku.....	6,1	6,2	6,2	4,8		
Sähkönjohtavuus.....√25...mS/m	14,3	53,5	13,8	10,9		
Alkaliniteetti.....mmol/l	0,33	2,98	0,41	0,075		
Asiditeetti.....mmol/l	1,05	4,13	0,56	1,24		
Happi.....(O <sub>2</sub> )mg/l	5,5	1,0	2,5	4,6		
Happi.....(O <sub>2</sub> ) kyll.%	44	7,5	20	36		
COD <sub>Mn</sub> .....mg/l	44,6	102	6,3	38		
COD <sub>Cr</sub> .....mg/l	-	34 <sup>1)</sup>	-	-		
BOD <sub>7</sub> .....mg/l	-	80	< 2 <sup>1)</sup>	-		
Ammonium.....(NH <sub>4</sub> )...mg/l	0,56	28	0,01	0,05		
Nitriitti.....(NO <sub>2</sub> )...mg/l	0,095	0,02	0,003	0,004		
Nitraatti.....(NO <sub>3</sub> )...mg/l	28,6	0,27	0,58	0,43		
Kokonaistyyppi..(N <sub>tot</sub> )...mg/l	8,1	23	0,35	0,3		
Fosfaatti.....(PO <sub>4</sub> )...mg/l	0,03	3,2	0,023	0,031		
Kokonaisfosfori..(P <sub>tot</sub> )...mg/l	1,02	2,4	0,005	0,007		
Fluoridi.....(F)....mg/l	0,05	0,6	0,07	0,19		
Kloridi.....(Cl)....mg/l	2,1	28	8,5	2,4		
Sulfaatti.....(SO <sub>4</sub> )...mg/l	7,0	3	20	28		
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )...mg/l	38	220	31	67		
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> )...mg/l						
Kokonaiskovuus.....mmol/l	0,5	0,67	0,45	0,35		
Kalsium.....(Ca)....mg/l	6,4 <sup>1)</sup>	14 <sup>1)</sup>	9,6 <sup>1)</sup>	4,8 <sup>1)</sup>		
Magnesium.....(Mg)....mg/l	5,3 <sup>1)</sup>	12,2 <sup>1)</sup>	5,6 <sup>1)</sup>	6,3 <sup>1)</sup>		
Rauta.....(Fe)....mg/l	2,4	4,7	2,2	3,4		
Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani.....(Mn)....mg/l	1,57	0,33	0,06	0,11		
Sulfidi.....(S)....mg/l						

1) kertamääritys

# VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 4

## Näytteenottopaikka

Kannonkosken Tervakankaan kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85.

	P 3	Lä				
Näytteenottopisteen no.....	6	5				
Näytteenotto kerrat.....	50	-				
Virtaama... l/min.....	2-3	0,1				
Näytteenotto syvyys m.....						
Lämpötila..... °C	6,3	4,1				
Kiintoaine..... mg/l	4,0	4,4				
Sameus..... FTU	3	1,5				
Haihdutusjäännös..... mg/l	270 <sup>1)</sup>	97 <sup>1)</sup>				
Hehkutusjäännös..... mg/l	150 <sup>1)</sup>	59 <sup>1)</sup>				
Väriluku..... (Pt) mg/l	7,5	70				
Haju (kertahavainto).....	hajuton	rikki				
Maku.....						
pH-luku.....	6,3	6,3				
Sähkönjohtavuus..... $\sqrt{25}$ ... mS/m	32,3	12,1				
Alkaliniteetti..... mmol/l	0,54	0,87 <sup>1)</sup>				
Asiditeetti..... mmol/l	0,61	1,2				
Happi..... (O <sub>2</sub> ) mg/l	6,0	0				
Happi..... (O <sub>2</sub> ) kyll. %	49	0				
COD <sub>Mn</sub> ..... mg/l	4,3	30				
COD <sub>Cr</sub> ..... mg/l						
BOD <sub>7</sub> ..... mg/l	< 2 <sup>1)</sup>	-				
Ammonium..... (NH <sub>4</sub> )... mg/l	0,01	0,55				
Nitriitti..... (NO <sub>2</sub> )... mg/l	0,003	0,004				
Nitraatti..... (NO <sub>3</sub> )... mg/l	9,8	0,05				
Kokonaistyyppi.. (N <sub>tot</sub> )... mg/l	4,0	0,5				
Fosfaatti..... (PO <sub>4</sub> )... mg/l	0,02	0,294 <sup>1)</sup>				
Kokonaisfosfori.. (P <sub>tot</sub> )... mg/l	0,011	0,098				
Fluoridi..... (F).... mg/l	0,05	0,16				
Kloridi..... (Cl).... mg/l	43	7,1				
Sulfaatti..... (SO <sub>4</sub> )... mg/l	29	2,5				
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )... mg/l	37	83				
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> )... mg/l						
Kokonaiskovuus..... mmol/l	0,97	0,27				
Kalsium..... (Ca).... mg/l	29,3 <sup>1)</sup>	7,2 <sup>1)</sup>				
Magnesium..... (Mg).... mg/l	8,3 <sup>1)</sup>	2,4 <sup>1)</sup>				
Rauta..... (Fe).... mg/l	0,5	7,4				
Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani..... (Mn).... mg/l	0,02	0,65				
Sulfidi..... (S).... mg/l						

1) kertamäärittäminen



# VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 5

## Näytteenottopaikka

Kontiolahden Uuron kaatopaikka-alueen pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten keskiarvot 1984-85.

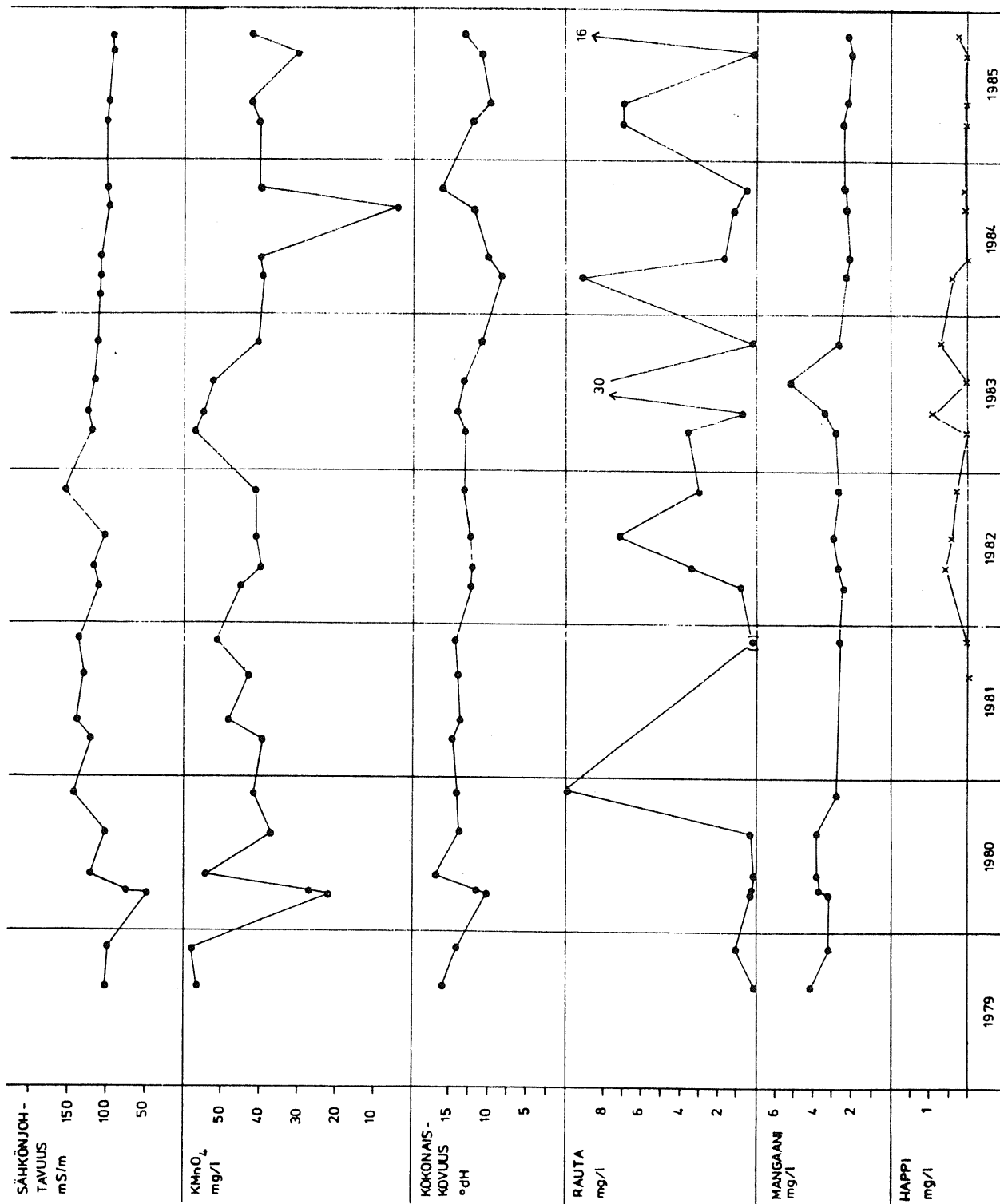
Näytteenottopisteen no.....	Kaivo	L 1	L 2	L 3		
Näytteenottokerrat.....	3	2	2	1		
Virtaama... l/min.....	-	~10	~10	~10		
Näytteenotto syvyys m.....	0,5	maanp.	maanp.	maanp.		
Lämpötila..... °C	7,9	4,8	4,7	4,2 <sup>1)</sup>		
Kiintoaine..... mg/l	25	64	470	570 <sup>1)</sup>		
Sameus..... FTU	16	5,7	22 <sup>1)</sup>	-		
Haihdutusjännös..... mg/l	59 <sup>1)</sup>	-	-	-		
Hekutusjännös..... mg/l	50 <sup>1)</sup>	-	-	-		
Väriluku..... (Pt) mg/l	220	7,5	10 <sup>1)</sup>	-		
Haju.....	jätev.	-	-	-		
Maku.....						
pH-luku.....	6,4	6,95	6,45	6,4 <sup>1)</sup>		
Sähkönjohtavuus..... √25... mS/m	11,17	4,3	4,8	4,2 <sup>1)</sup>		
Alkaliniteetti..... mmol/l	0,67	0,19	0,16 <sup>1)</sup>	-		
Asiditeetti..... mmol/l	0,76	0,09 <sup>1)</sup>	0,16 <sup>1)</sup>	0,16 <sup>1)</sup>		
Happi..... (O <sub>2</sub> ) mg/l	0,9	10 <sup>1)</sup>	11 <sup>1)</sup>	11 <sup>1)</sup>		
Happi..... (O <sub>2</sub> ) kyll.%	8	81 <sup>1)</sup>	86 <sup>1)</sup>	86 <sup>1)</sup>		
COD <sub>Mn</sub> ..... mg/l	36,3	7,8	13,5	1,3 <sup>1)</sup>		
COD <sub>Cr</sub> ..... mg/l	32	11 <sup>1)</sup>	-	-		
BOD <sub>7</sub> ..... mg/l	5,2	0,4 <sup>1)</sup>	-	190 <sup>1)</sup>		
Ammonium..... (NH <sub>4</sub> )... mg/l	0,11	< 0,01	0,01	1,2 <sup>1)</sup>		
Nitriitti..... (NO <sub>2</sub> )... mg/l	0,012	0,003	0,003	0,024 <sup>1)</sup>		
Nitraatti..... (NO <sub>3</sub> )... mg/l	0,08	0,67	0,48	< 0,04 <sup>1)</sup>		
Kokonaistyyppi.. (N <sub>tot</sub> )... mg/l	0,53	0,75	0,25	< 0,1 <sup>1)</sup>		
Fosfaatti..... (PO <sub>4</sub> )... mg/l	0,031	0,031	0,034 <sup>1)</sup>	0,005 <sup>1)</sup>		
Kokonaisfosfori.. (P <sub>tot</sub> )... mg/l	0,324	0,048	0,905	-		
Fluoridi..... (F)... mg/l	0,06	< 0,05	< 0,05	1,7 <sup>1)</sup>		
Kloridi..... (Cl)... mg/l	2,86	3,75	6,6	< 1 <sup>1)</sup>		
Sulfaatti..... (SO <sub>4</sub> )... mg/l	8,86	1,45	1,6	-		
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )... mg/l	40,5	5 <sup>1)</sup>	-	-		
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> )... mg/l						
Kokonaiskovuus..... mmol/l	0,30	0,15	0,18 <sup>1)</sup>	-		
Kalsium..... (Ca)... mg/l						
Magnesium..... (Mg)... mg/l						
Rauta..... (Fe)... mg/l				1 <sup>1)</sup>		
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani..... (Mn)... mg/l	0,64	0,025	0,08			
Sulfidi..... (S)... mg/l	0,03 <sup>1)</sup>					

1) kertamäärittely

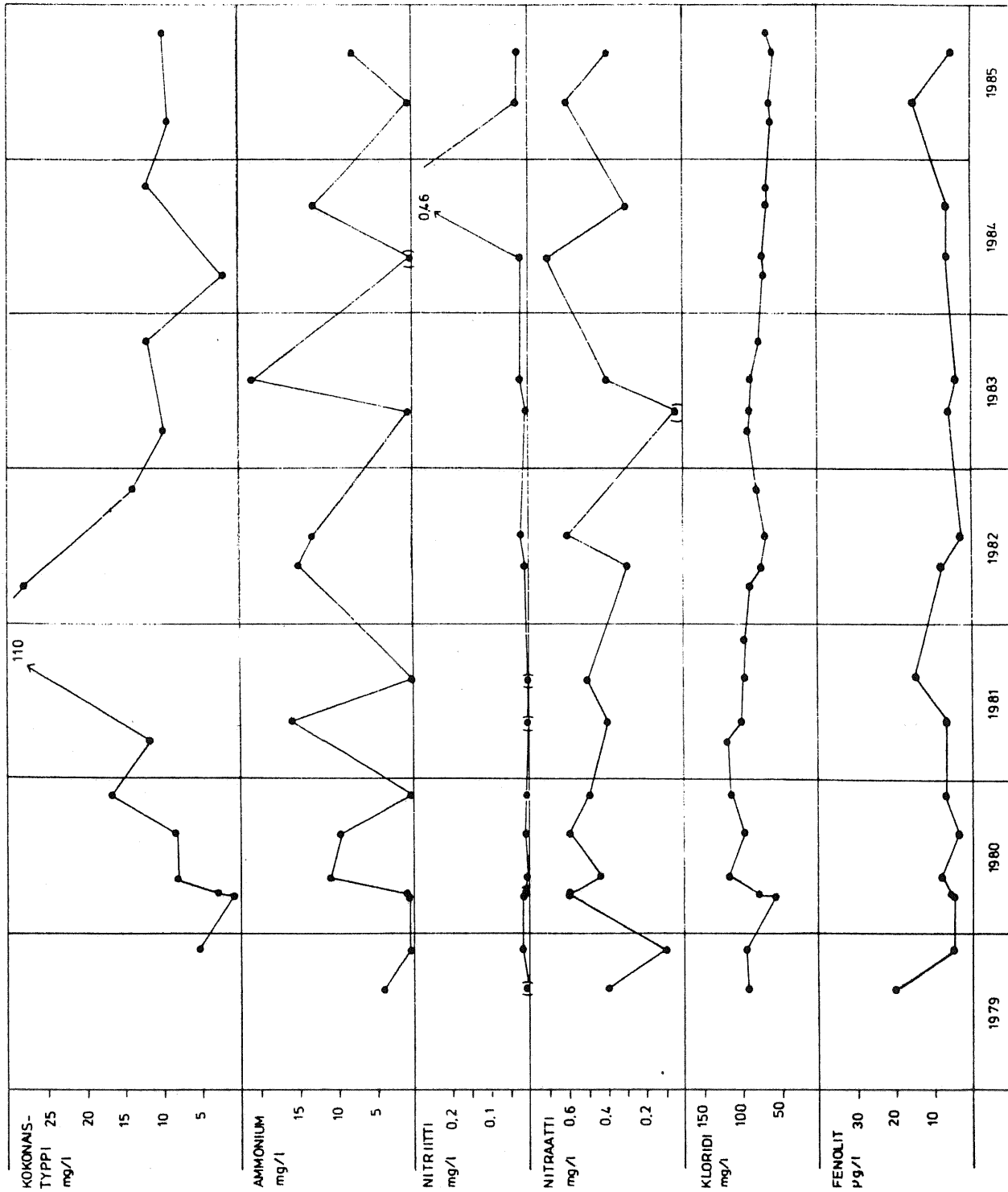


Tuusulan kaatopaikka-alueen vedenlaatuhavaintoja.  
(Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä olevia  
tarkkailutuloksia)

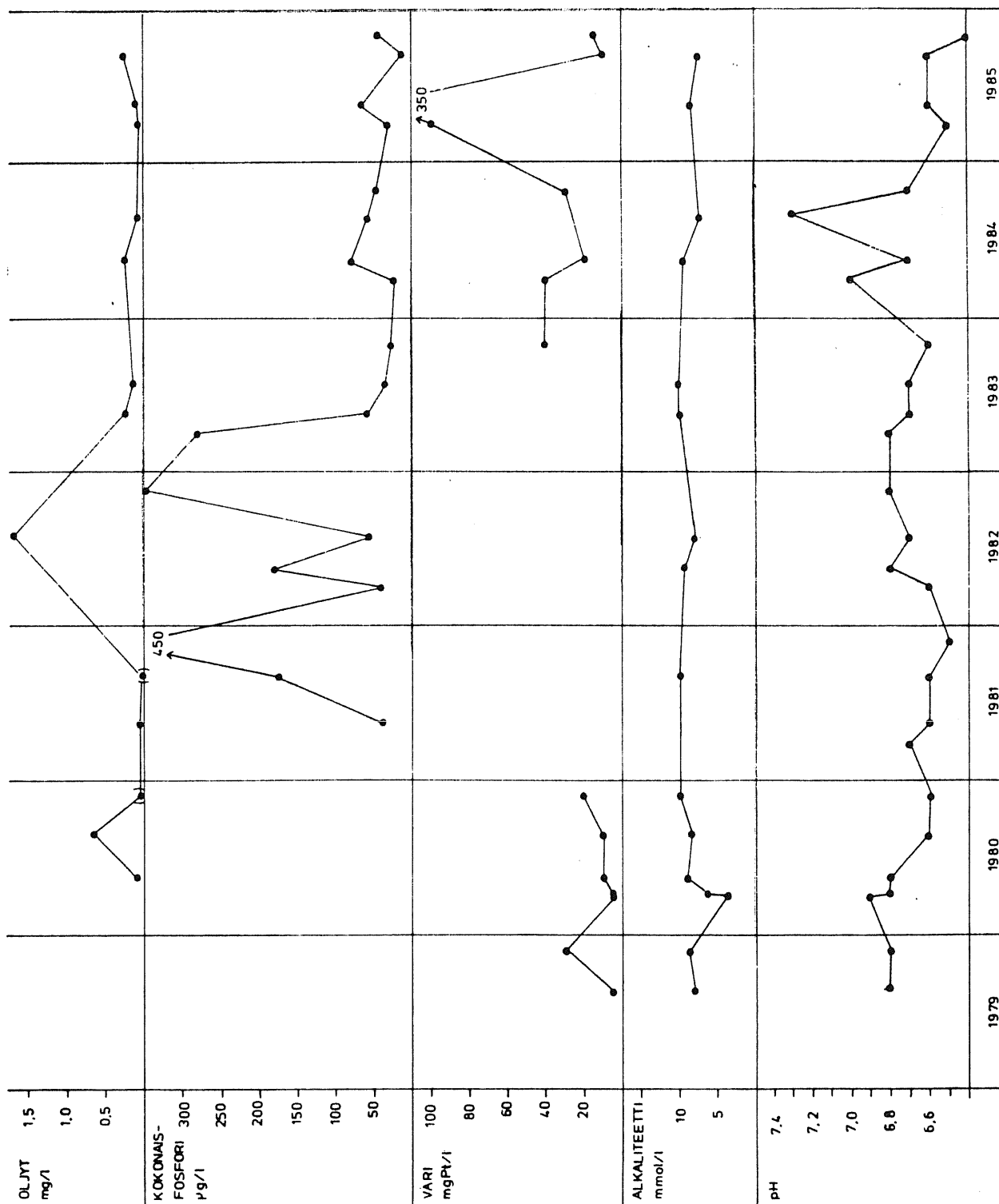
POHJAVEEN LAATU  
PUTKESSA POH 1  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suljussa



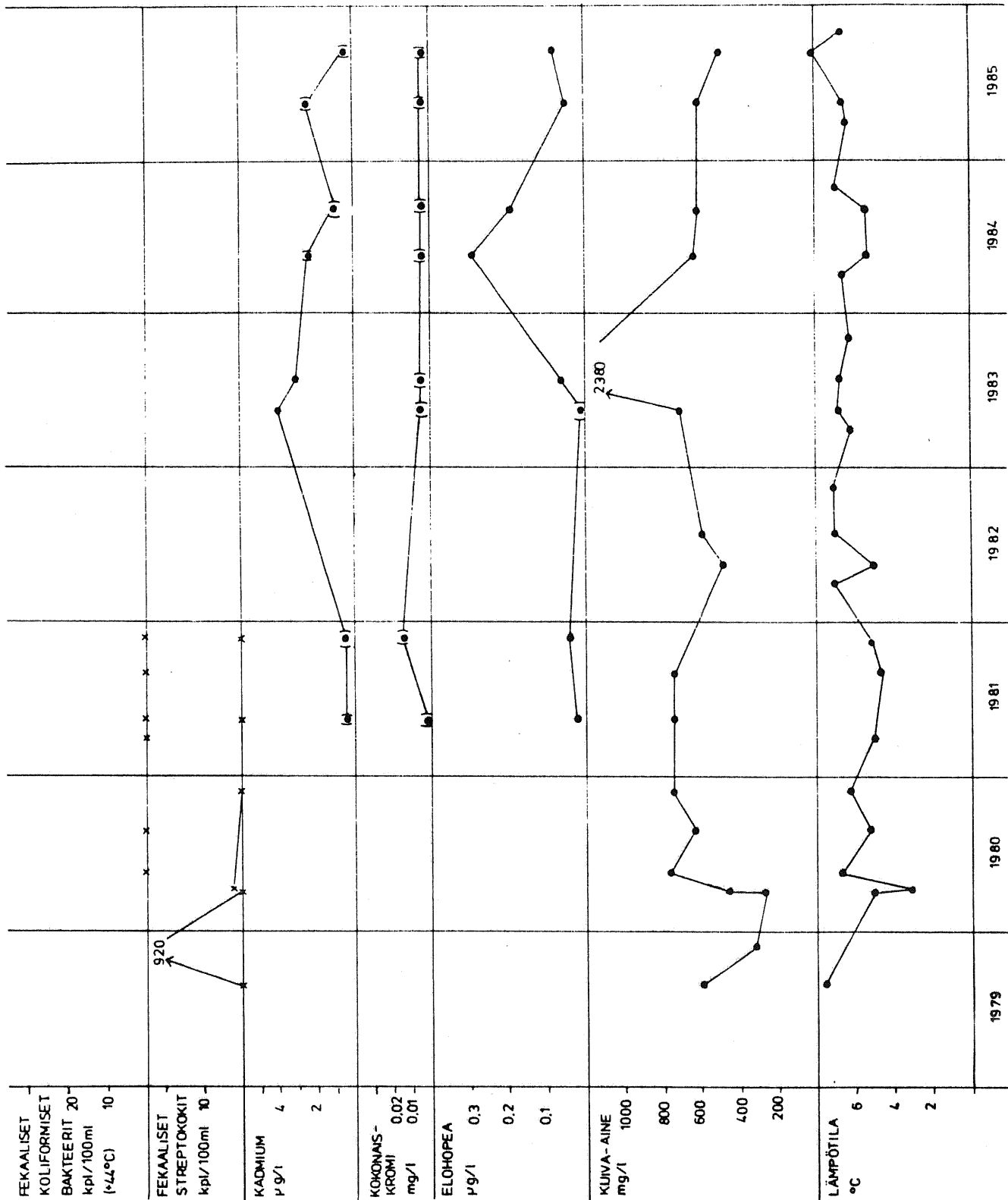
POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 1  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



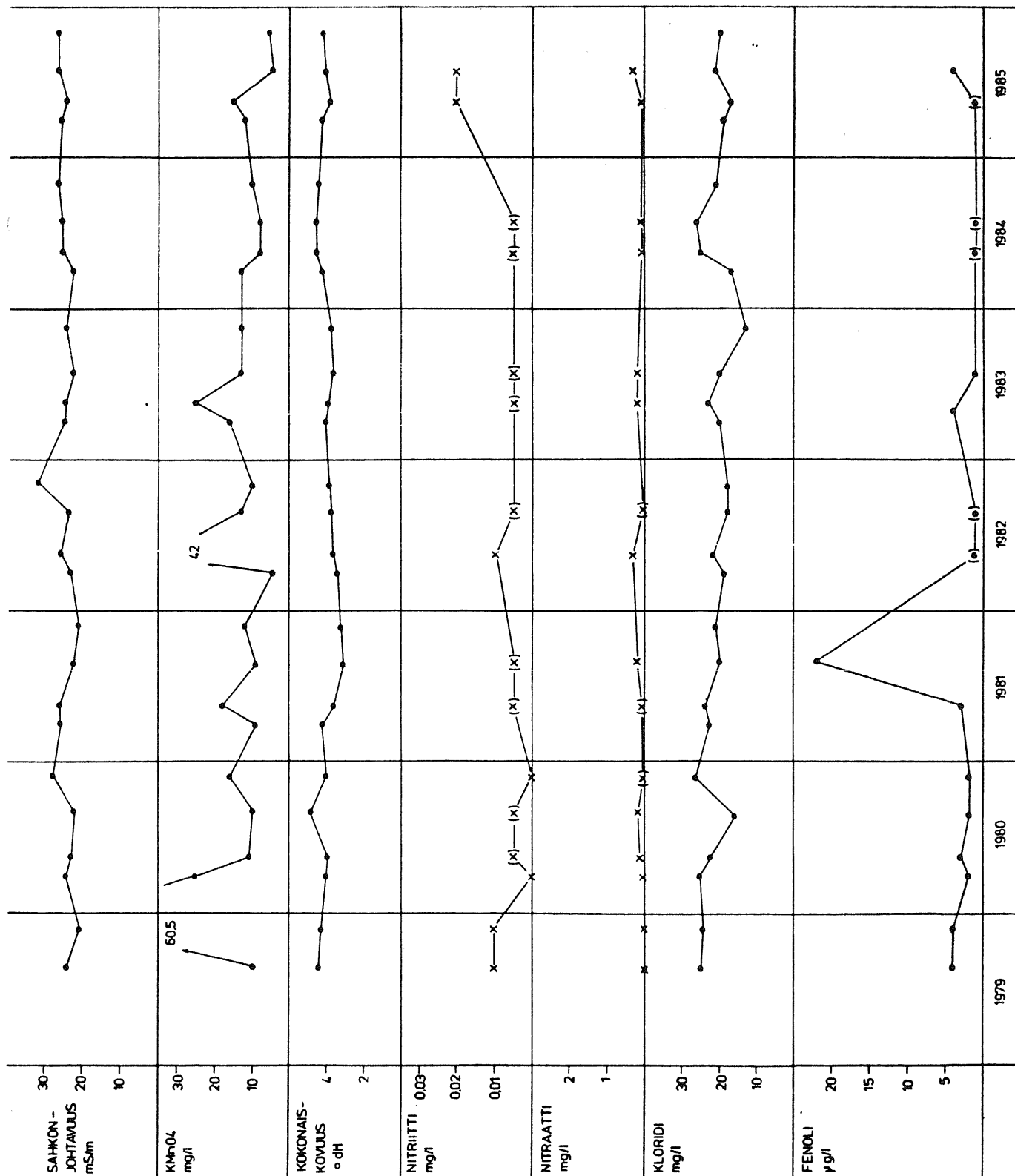
POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 1  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



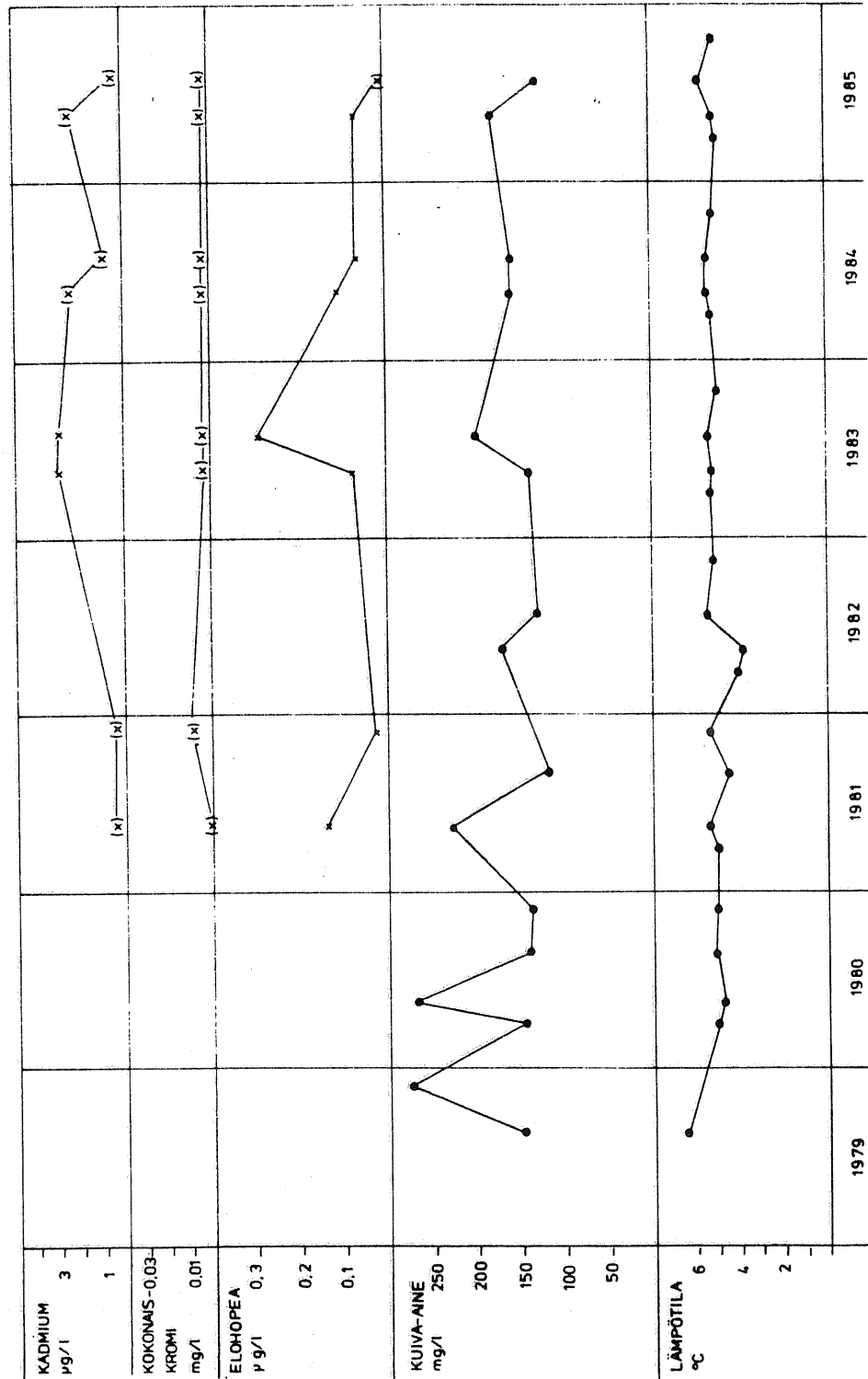
POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 1  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 4  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa

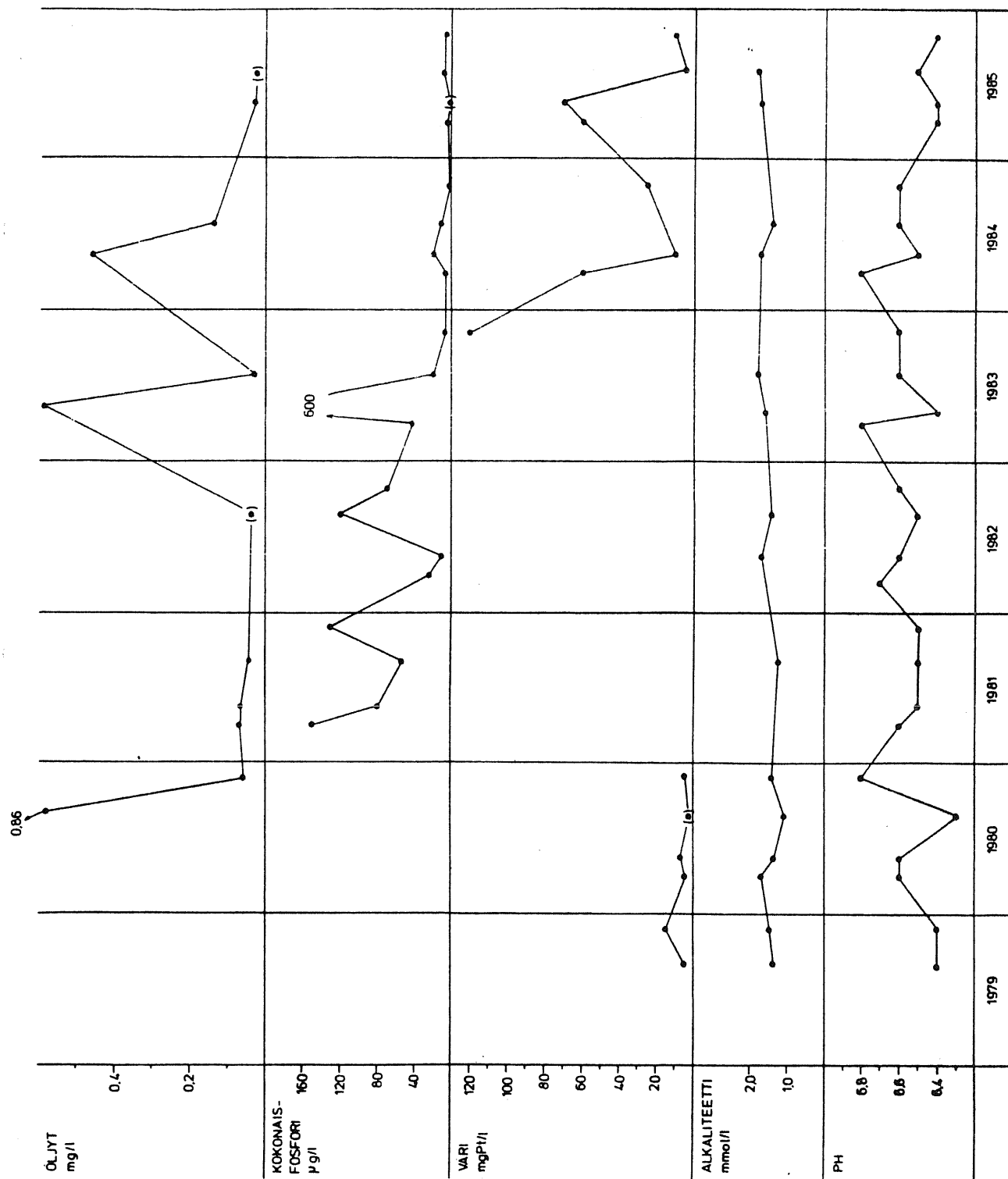


POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 4  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluiissa

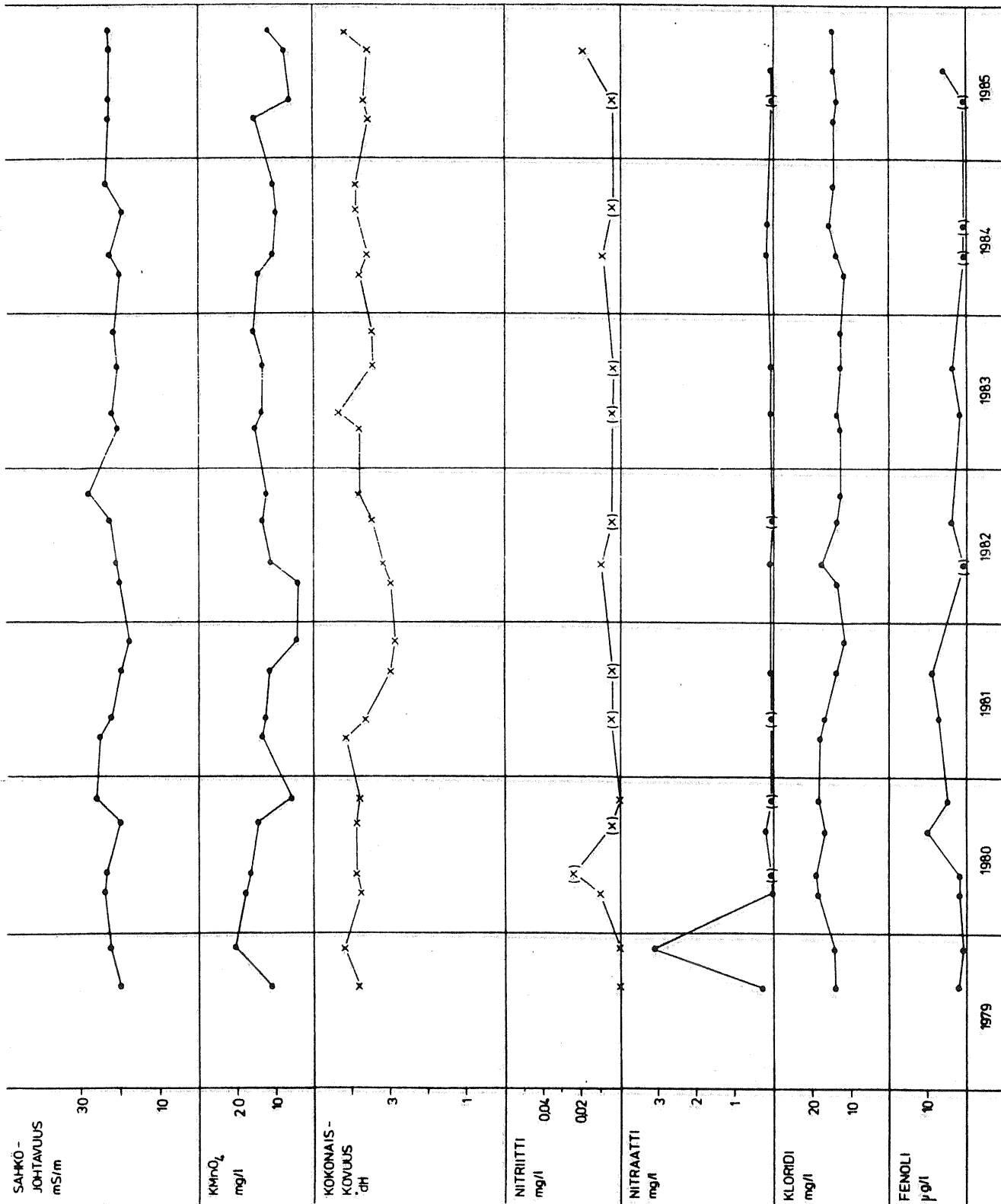




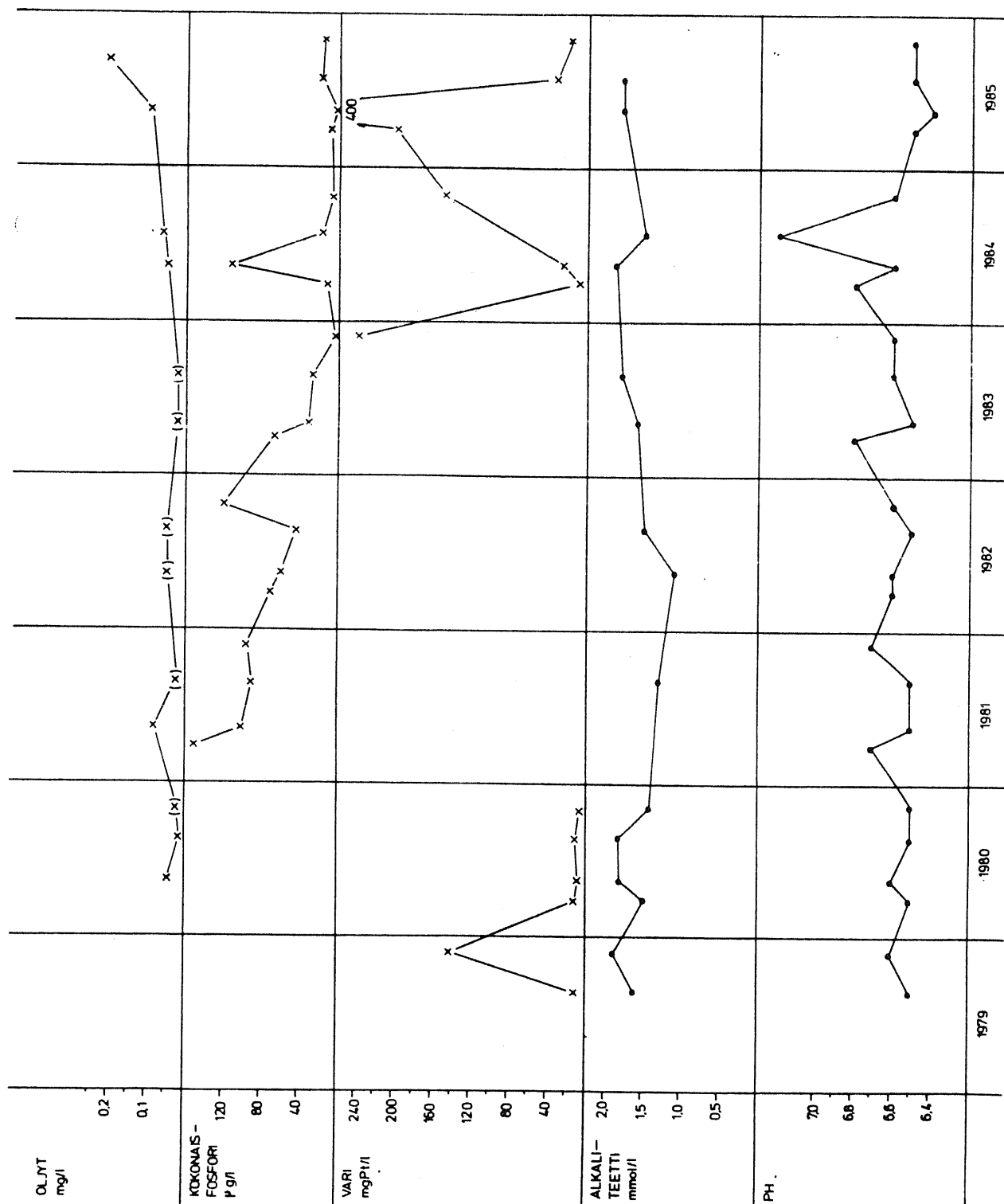
POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 4  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluiissa



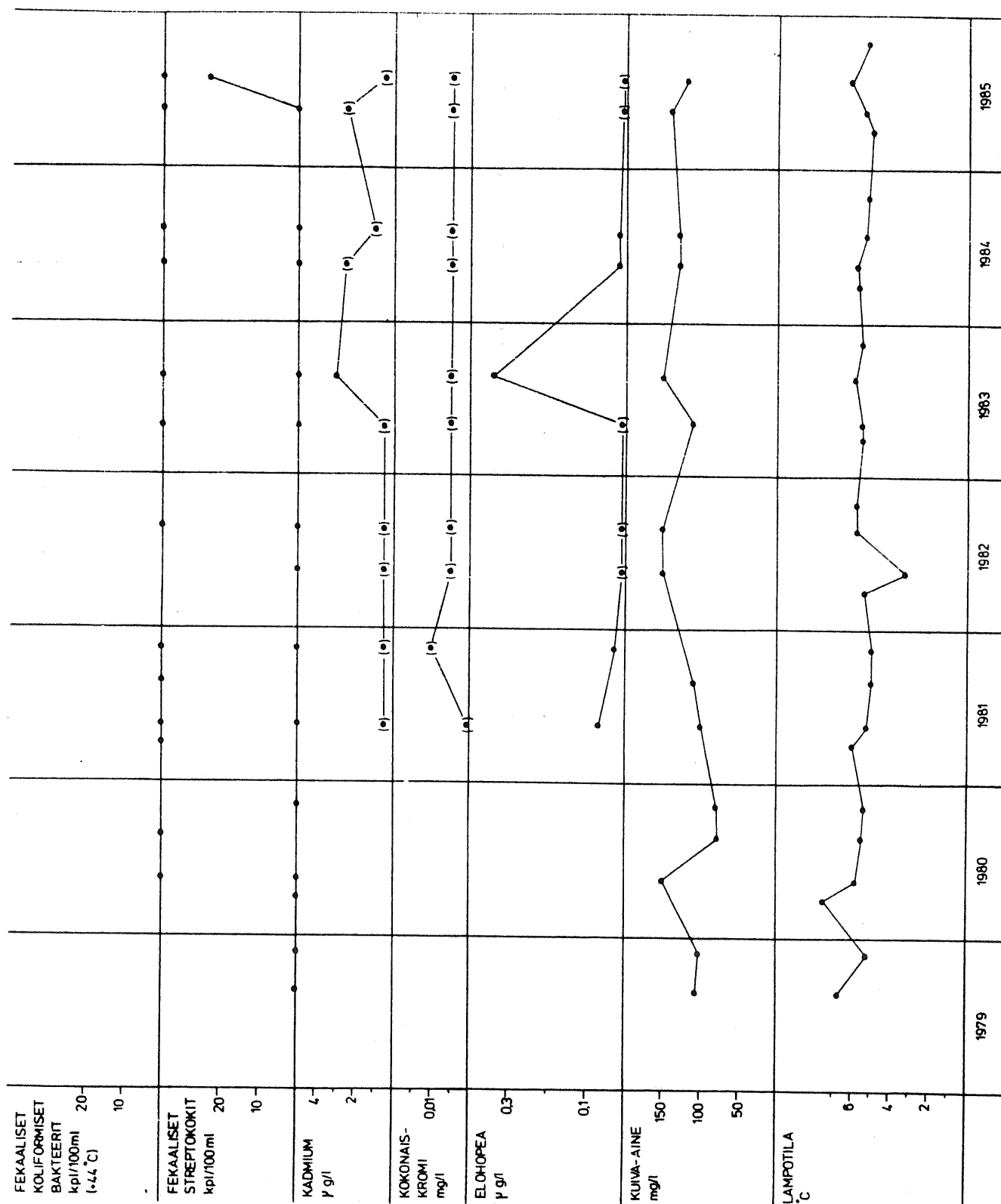
POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 5  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 5  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



POHJAVEDEN LAATU  
PUTKESSA POH 5  
Arvot alle määri-  
tystarkkuuden  
ovat suluisa



Pohjavesien virtausmatkat, aineksen pidähtyminen ja laimenemisilmiöiden voimakkuus.

KULK.FTÄIS. M				
	KESKIM.	MAKS.	PIDÄTTYM.	LAIMENTUM.
LYHYT VIRTAUSMATKA				
POHJAMOREENI	100	1 000	X	●
PAKSUT MR-MUODOSTUMAT	300	3 000	X	0
PIENET HK-MUODOSTUMAT	Koon mukaan		0	X
EHYET KALLIOLOHKOT	100	1 000	●	●

#### KESKIPITKÄ VIRTAUSMATKA

NORMAALIKOKOISET PITKITTÄIS- HARJUT, PITUUSSUUNTA	1 000	3 000	●	X
PÄÄOSA REUNAMUODOSTUMISTA	1 000	3 000	0	X
ERILLISET PIENEHKÖT KALLIO- RUHJEET	200	2 000	●	●

#### PITKÄ VIRTAUSMATKA

SUURET PITKITTÄISHARJUT, PITUUSSUUNTA	2 000	15 000	●	X
SUURET REUNAMUODOSTUMAT (LÄHINNÄ PITUUSSUUNTA)	2 000	5 000	0	0
KOOKKAAT ERILLISRUHJEET, RUHJEYHDISTELMÄT	1 000	30 000	●	0

#### PIDÄTTYMINEN/LAIMENTUMINEN

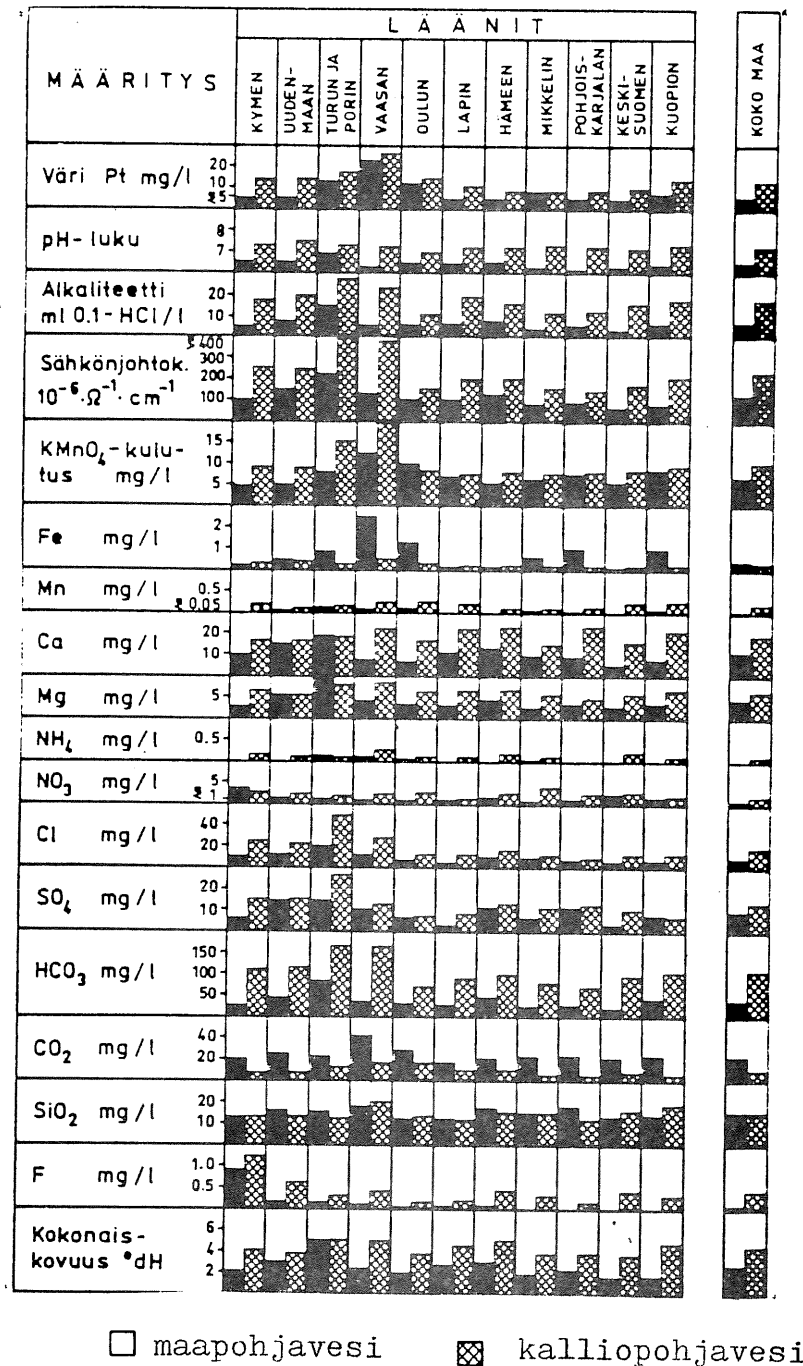
X	VOIMAKAS
0	KOHTALAINEN
●	HEIKKO

## YHTYENVETO ANALYYSITOIMINNASTA

Analyysi	Menetelmä	Suorituspaikka
Kiintoaine	VH:213	Kuopion vesipiirin lab.
Sameus	"	"
Haihdutusjäännös	"	"
Hehkutusjäännös	"	"
Väriluku	"	"
pH-luku	"	"
Sähkönjohtavuus	"	"
Alkaliteetti	"	"
Asiditeetti	"	"
Happi	"	"
COD <sub>Mn</sub>	"	"
BOD <sub>7</sub>	"	"
Ammonium	"	"
Nitriitti	"	"
Nitraatti	"	"
Kokonaistyyppi	"	"
Fosfaatti	"	"
Kokonaisfosfori	"	"
Kloridi	"	"
Sulfaatti	"	"
Vapaa hiilihapo	"	"
Kokonaiskovuus	"	"
Kalsium	"	+ vesihall. lab.
Magnesium	"	"
Rauta	"	"
Mangaani	"	"
Kokonaisorgaaninen hiili	TOC-analysaattori	"
Metallit As, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn	SFS 3044	Kuopion yliopisto
Fluoridi	ionikromatogr.	"
Syanidi	SFS 3039	"
Bakteerit	SFS 3016	Kansanterveyslait.
	SFS 4088	Kuopion aluelaitos,
	SFS 4112	osittain Kuopion vesi- piiri

Analyysimenetelmä VH:213 on kuvattu vesihallituksen tiedotuksessa 213. Muita menetelmiä on kuvattu Kuopion yliopiston tutkimuksessa (Pärjälä ym. 1986).

= 0,1 mmol/l  
 =  $\mu\text{S}/\text{cm}$   
 = 0,1 mS/m



Kuva 13. Maa- ja kalliopohjavesien laatu (Mälkki 1972).  
 Alkuperäislähteet: Natukka 1962 (633 maa-akviiferi-  
 aluetta); Laakso 1966 (1108 kalliokaivoa).







